

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

Зоркий помощник

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

ЗОРКИЙ ПОМОЩНИК

(ФОТОЭЛЕКТРОНИКА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ)

Под редакцией члена-корреспондента
Академии наук СССР проф. В. К. АРКАДЬЕВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

16-2-1

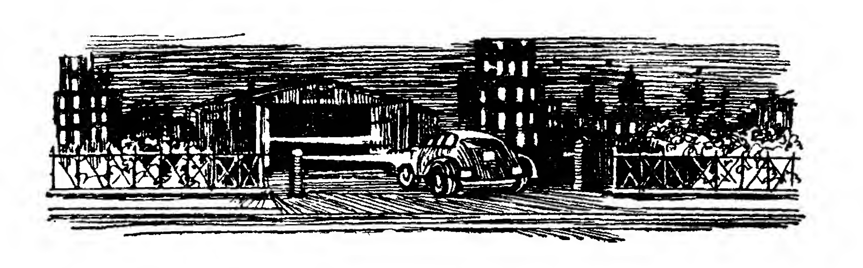
К ЧИТАТЕЛЮ

Ваши отзывы и пожелания о книжках «Научно-популярной библиотеки» просим направлять по адресу: Москва, Орликов пер., д. 3, Гостехиздат.

Редактор *В. Т. Хозяинов.* Техн. редактор *С. С. Гаврилов.*

Подписано к печати 22/V 1950 г. Бумага 82×108/32. 1 бум. л. 3,28 печ. л. 3,38 уч.-изд. л. 40,628 тип. зн. в печ. л. Т-00288. Тираж 200 000 экз. Цена книги 1 руб. Зак. № 2361.

3-я типография «Красный пролетарий» Главполиграфиздата при Совете Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.



ВВЕДЕНИЕ

Вчера мы побывали в замечательном клубе.

Ещё поднимаясь по широкой мраморной лестнице, на площадке второго этажа мы были остановлены неожиданно прозвучавшим из репродуктора голосом. Он сообщил нам программу мероприятий клубного вечера. Мы узнали, что в клубе состоится вечер, посвящённый применению автоматики, в фойе организована выставка работ юных техников, открыта читальня и работает научно-техническая консультация для посетителей.

Невидимый нами диктор был прекрасно осведомлён о нашем прибытии. Он сразу же замолчал, как только мы стали подниматься выше.

Но мы ещё более удивились, когда при нашем приближении над входом в клуб вспыхнула сияющая разноцветными огнями надпись: «Добро пожаловать». Двери сами собой распахнулись, как бы приглашая войти в помещение, а затем автоматически закрылись за нами.

Около дверей никого не было.

В небольшом уютном фойе нас встретил дежурный по клубу, предложивший осмотреть выставку. На стенах в красиво убранных витринах висели различные плакаты, схемы, фотоснимки. Стоило подойти к какой-нибудь из них, как немедленно загоралась продолговатая лампочка, освещавшая всю витрину приятным ровным светом.

Осмотрев выставку, мы зашли в мастерскую клуба. Здесь группа радиолюбителей сооружала какую-то мишень с электрическими батареями. Оказалось, что они решили сделать в подарок городскому стрелковому клубу удивительный световой тир. Работу над ним они уже заканчивали и сегодня на вечере хотели показать «стрельбу» по мишени лучами света.

Один из конструкторов подошёл к умывальнику, чтобы помыть руки: мы обратили внимание, что он не открывал крана. Когда он подставил руки под кран, вода сама собой потекла. Но вот он вымыл руки и убрал их из-под крана, кран автоматически закрылся.

В зале нас снова встретил дежурный.

— Сегодня, — сказал он, — у нас большой день: нас посетило уже 185 гостей.

— Неужели вы сосчитали? — спросил я.

— Конечно сосчитали, только не сами, а с помощью того автомата, который открывал вам дверь...

Так в этом клубе начинался вечер, посвящённый «чудесам» автоматики.

Вас интересует, читатель, адрес этого клуба?

Мы не знаем его. Но такой клуб вполне может быть построен. В этом вы сами убедитесь, прочтя эту книжку, в которой рассказывается о замечательных свойствах фотоэлементов и их применении.

I. ФОТОЭЛЕКТРОНИКА

Человек с давних пор мечтал о том, чтобы изобрести такие машины, которые работали бы сами собой, автоматически. Чудесные автоматы, послушно выполняющие волю человека, были любимыми «героями» многих русских народных сказок.

В наше время мечтания народа, выраженные в сказках, стали действительностью. Развитие техники применения автоматических машин, **автоматики** превзошло самые смелые фантазии народных сказаний.

Сейчас мы широко пользуемся автоматикой: едим хлеб, испечённый на хлебозаводах-автоматах, к которому не прикасались руки человека: пьём воду, очищенную автоматическими фильтрами; носим ткани, изготовленные станками-автоматами, разговариваем по автоматическим

телефонам, пользуемся автоматическими говорящими часами. Мы так привыкли к этому, что почти не замечаем тех «чудес» автоматики, с которыми сталкиваемся буквально на каждом шагу.

Некоторые наши производственные установки в химической, в нефтяной и в других отраслях промышленности вообще немыслимы без автоматики. Иные машины работают так быстро, что человек уже не в состоянии уследить за их работой, и управлять этими машинами могут только быстродействующие автоматические приборы.

Применение машин-автоматов освобождает рабочих от тяжёлого физического труда, повышает выработку и качество продукции. С другой стороны, резко снижается стоимость производства. Так автоматика помогает создавать изобилие продуктов и промышленных товаров высокого качества.

Но её значение не только в этом.

Для того чтобы управлять автоматом, рабочий должен многое знать. Он должен учиться, повышать свой технический и культурный уровень. Внедрение автоматики в промышленности ведёт к уничтожению противоположности между физическим и умственным трудом, а это является одним из важнейших условий построения коммунистического общества.

Одной из самых интересных и важных отраслей автоматики является фотоэлектронная автоматика или, как её сокращённо называют, — ф о т о э л е к т р о н и к а.

Фотоэлектроника — сравнительно молодая, но быстро развивающаяся область науки и техники, основанная на использовании «электрических глаз» — фотоэлементов. Родиной фотоэлектроники является Россия, а создателем первых в мире фотоэлементов — известный русский учёный профессор физики Московского университета Александр Григорьевич Столетов.

1. «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЛАЗА»

Ещё в восьмидесятых годах прошлого столетия учёные обратили внимание на одно очень интересное явление.

Если взять гладко отполированную цинковую пластинку, зарядить её отрицательным электричеством и

соединить с прибором для обнаружения электрического заряда — электроскопом, то два его тонких листочка разойдутся в стороны (рис. 1, *а*). Это происходит потому, что тела, заряженные одноимённым электричеством, в данном случае — листочки электроскопа, отталкиваются друг от друга. По углу отклонения листочков можно судить о величине электрического заряда.

Но если после этого направить на пластинку пучок световых лучей от электрической дуги, то листочки электроскопа быстро опадут, показывая этим, что под действием

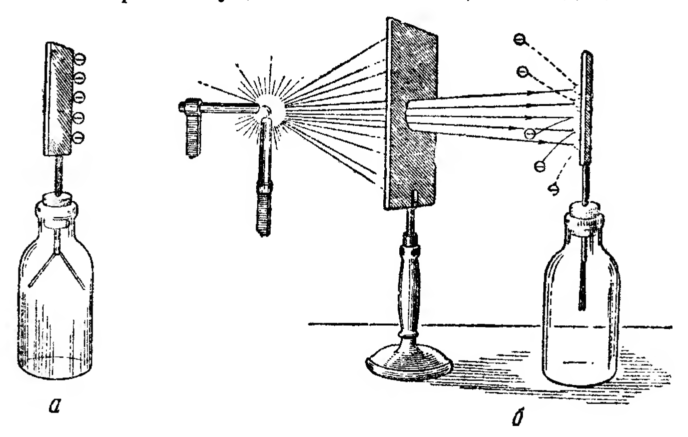


Рис. 1. Под действием света электроскоп разряжается.

световых лучей цинковая пластинка разряжается, теряет часть своих отрицательных зарядов (рис. 1, *б*).

Что же заставляет электрические заряды покидать пластинку? Какова связь между светом и электричеством? Эти вопросы заинтересовали русского учёного Александра Григорьевича Столетова.

В 1888 году он проделал свои знаменитые опыты, которые положили начало новой отрасли техники — фотоэлектронике.

Столетов брал отполированную цинковую пластинку и помещал перед ней не особенно густую металлическую сетку (рис. 2). Сетку он соединял проводом с положительным полюсом электрической батареи, в то время как отрицательный полюс через чувствительный прибор для

обнаружения электрического тока — гальванометр был соединён с цинковой пластинкой. Стрелка гальванометра стояла на нуле, так как электрическая цепь была разомкнута слоем воздуха между пластинкой и сеткой.

Но стоило осветить пластинку через сетку светом электрической дуги, как стрелка гальванометра сразу же приходила в движение и отклонялась на некоторый угол.

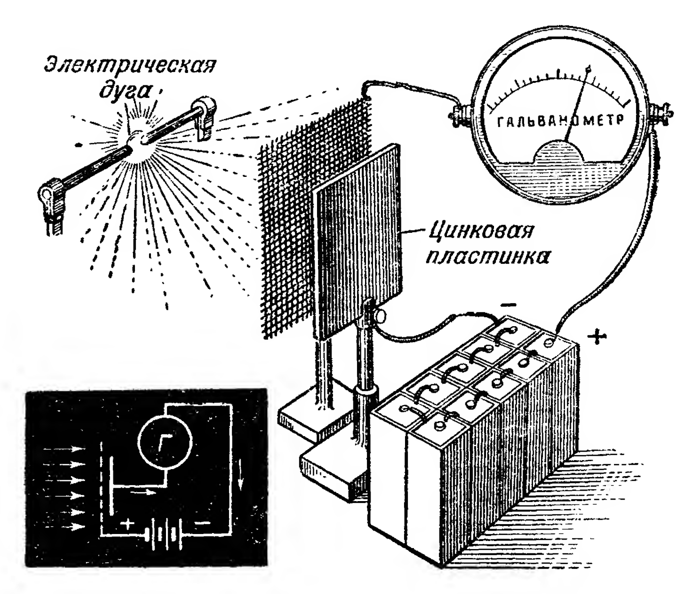


Рис. 2. Схема опыта А. Г. Столетова (изображения гальванометра и электрической батареи на рисунке условны; в действительности в опыте применялись высокочувствительный гальванометр и высоковольтная батарея).

Это указывало на то, что по цепи течёт слабый электрический ток.

Но как только Столетов выключал свет, ток прекращался, стрелка гальванометра возвращалась к нулевой отметке. Свет «рождал» электричество!

Объяснение этому явлению было дано не сразу. Потребовалось сначала подробнее изучить строение вещества, а также и природу света. Было сделано много за-

мечательных открытий, благодаря которым теперь мы хорошо знаем, что представляет собой явление, открытое Столетовым.

Как известно, все окружающие нас тела состоят из атомов — мельчайших невидимых частиц.

Несмотря на то, что размеры атомов очень малы — примерно одна стомиллионная доля сантиметра, — нам хорошо известно строение атомов. Каждый атом состоит из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него электронов. Каждый электрон несёт на себе отрицательный заряд, при этом заряд положительно заряженного ядра равен заряду всех электронов, вместе взятых.

Электроны, окружающие ядро, составляют так называемую электронную оболочку.

Все электроны совершенно одинаковы, и атомы различных веществ различаются между собой только числом электронов.

Положительно заряженное ядро притягивает электроны. Электроны крепко удерживаются около атома.

Поэтому для того, чтобы разрушить атом, оторвать электроны от ядра, надо совершить работу, затратить некоторую энергию.

Особенное место среди всех веществ занимают металлы. Внутри металлов часть электронов отделяется от своих атомов. Эти электроны могут свободно передвигаться внутри металла, поэтому их назвали «свободными» электронами. Поток свободных электронов в металле и образует всем известный электрический ток.

Однако свободные электроны «свободны» только внутри металла. Для того чтобы выйти наружу, им надо преодолеть притяжение всех оставшихся атомов, которые потеряли часть электронов, а поэтому заряжены положительно.

Такие заряженные остатки атомов называются обычно ионами.

Мы видим, что для того, чтобы вырвать электрон из металла, также необходимо совершить некоторую работу против действия сил притяжения.

И вот оказалось, что энергию, необходимую для совершения этой работы, поставляет свет, падающий на металл.

Теперь уже точно известно, что луч света несёт энергию, которая называется электромагнитной, благодаря тому, что сам свет представляет собой электромагнитную волну.

Как же объяснить то удивительное явление, которое наблюдал Столетов?

За счёт своей энергии свет выбивал из цинковой пластинки электроны. Вылетая из пластинки, они попадали на положительно заряженную сетку, а оттуда по проводу — в батарею. Им на смену из цинковой пластинки вылетали всё новые и новые электроны.

Так в цепи возникал электрический ток.

Столетов измерил, что чем сильнее освещена цинковая пластинка, тем сильнее ток, тем больше отклоняется стрелка прибора.

Явление выбивания электронов из металлов под действием освещения получило название фотоэлектрического эффекта (от слова фотос — свет). Прибор же, в котором за счёт энергии света образуется электрический ток, назвали фотоэлементом.

В дальнейшем фотоэлементы были усовершенствованы *). Вместо цинка стали применять более чувствительные к свету металлы: калий, натрий, цезий и другие. Поскольку эти металлы на воздухе быстро окисляются, их стали помещать в стеклянные колбочки, из которых воздух был выкачан (вакуумные фотоэлементы).

Желая получить от фотоэлементов бо̀льший ток, колбочки фотоэлементов стали наполнять небольшими количествами какого-нибудь химически неактивного газа — аргона, неона, гелия. Фотоэлементы, колбочки которых наполнены такими газами, помимо электронного тока, дают ещё так называемый ионный ток, образующийся благодаря расщеплению молекул газа быстролетящими электронами. В результате полный фототок получается значительно бо̀льшим.

---

*) Подробнее опыты А. Г. Столетова и физические основы фотоэлектроники описаны в книжке Научно-популярной библиотеки Гостехиздата, В. А. Мезенцев, Электрический глаз. Там же рассказано о других типах фотоэлементов (вентильных, с внутренним фотоэффектом), о трубках Кубецкого и Тимофеева.

Советский газонаполненный фотоэлемент типа ЦГ-3 показан на рисунке 3. На внутренней поверхности стеклянной колбочки накладывается тончайшая плёнка серебра (подкладка), на которую наносится ещё более тонкий слой обработанного кислородом светочувствительного металла — цезия. В центре колбочки на стерженьке укреплено металлическое колечко. Это колечко представляет

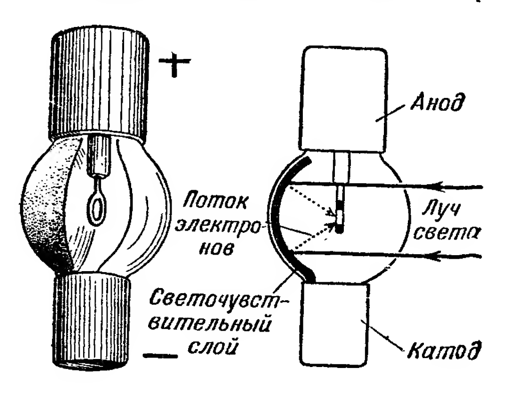


Рис. 3. Советский газонаполненный фотоэлемент типа ЦГ-3.

собой как бы одну ячейку той металлической сетки, которая применялась ещё Столетовым в его опытах. Колбочка фотоэлемента имеет два металлических отростка. Один из них, соединённый с колечком, называется **анодом**, другой, соединённый со светочувствительным слоем, — **катодом**. При работе фотоэлементов анод присоединяется к положительному полюсу электрической батареи, а катод — к отрицательному.

2. УСИЛЕНИЕ ФОТОТОКА

Хотя ток вакуумных и газонаполненных фотоэлементов значительно превышает фототок, который наблюдал на своём приборе Столетов, всё же он очень мал и использовать его без усиления можно лишь в редких случаях (специальные лабораторные исследования и точные световые измерения). Однако посредством электронных ламп ток фотоэлементов можно усилить так, чтобы стало возможным его практическое использование.

Усилители фотоэлектрических токов устроены проще, чем самые простые ламповые радиоприёмники. Если радиоприёмник должен усиливать, выпрямлять и вновь усиливать слабые электрические токи, возникающие в антенне, то фотоэлектронный усилитель лишь увеличивает фототок до необходимой величины. Поэтому для фотоэлектронного усилителя не требуется тех сложных деталей, из которых состоит радиоприёмник.

Усилитель фототоков состоит лишь из самых простых радиодеталей, как, например, трансформатора, преобразующего напряжение сети переменного тока, и одной или нескольких радиоламп.

Усиленным током фотоэлемента можно привести в действие не только гальванометры, но и любые другие менее чувствительные электроизмерительные приборы (миллиамперметры, милливольтметры и т. д.). Можно также применить так называемое электромагнитное реле.

3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

Если взять небольшой железный стержень-сердечник и обмотать его изолированным проводом, то получится электромагнит. При пропускании через обмотку электромагнита электрического тока его сердечник намагничивается. Если теперь к такому электромагниту приделать на шарнире небольшой кусочек мягкого железа (якорь) так, чтобы при своём движении он мог замыкать контактные пластинки, то и получится электромагнитное реле (рис. 4).

К концам контактных пластин подпаиваются электрические провода, соединяющиеся с внешней (исполнительной) цепью. Пропустим через обмотку реле ток. Сердечник его намагнитится и притянет якорь. Якорь надавит на контактные пластины и соединит (замкнёт) их друг с другом. Если ток из обмотки реле выключить, сердечник электромагнита размагнитится, и якорь опять вернётся на старое место, потому что его оттянет назад маленькая пружинка. Контактные пластинки при этом снова разомкнутся.

Реле делают с различным числом контактных пластин. Контакты бывают замыкающие, размыкающие и переключающие. Иногда на одно реле ставят и те и другие контакты.

Реле срабатывает от сравнительно слабого тока, идущего от радиоламповых усилителей. Своими же контак-

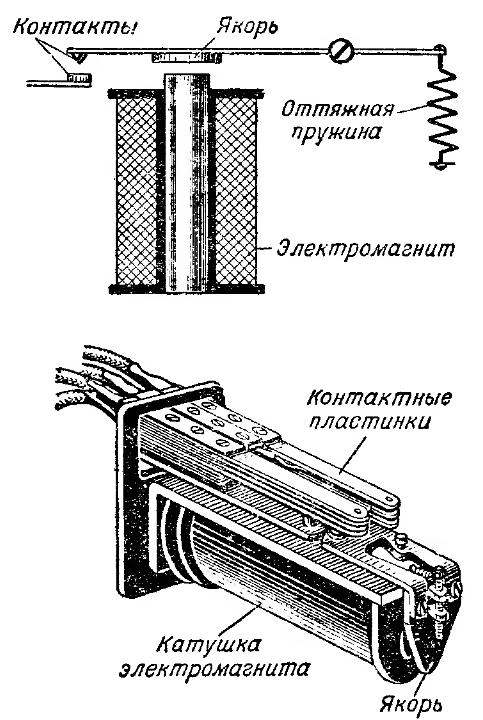


Рис. 4. Внешний вид (внизу) и схема (вверху) электромагнитного реле.

тами оно может включать цепи, по которым проходит ток значительной силы.

4. ФОТОРЕЛЕ

Включим в фотоэлектронный усилитель вместо измерительного прибора, то-есть гальванометра, электромагнитное реле. Якорёк его будет притягиваться и переключать контакты исполнительной цепи всякий раз, когда на фотоэлемент будет падать свет. Но если мы, например, заслоним фотоэлемент непрозрачным телом, то сила фототока сильно уменьшится, якорёк реле, оттягиваемый пру-

жиной, оторвётся от сердечника и разомкнёт контакты. Получается как бы световой выключатель. При освещении реле замыкает контакты, в темноте — размыкает. Этот световой выключатель, состоящий из фотоэлемента, усилителя и электромагнитного реле, и называют коротко — фотореле (рис. 5).

Контакты фотореле могут включать различные исполнительные механизмы: сигнализационную лампочку, электрический звонок или же другое более мощное электро-

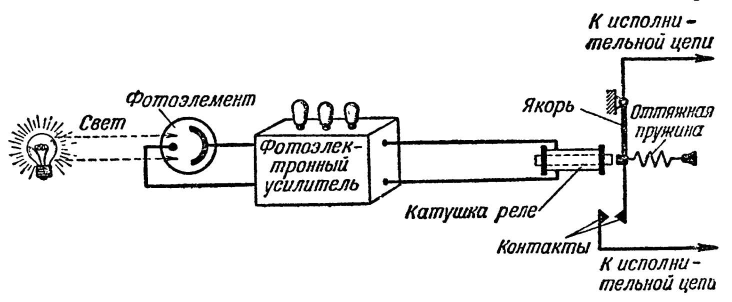


Рис. 5. Схема устройства фотореле.

магнитное реле. Мощным же электромагнитным реле можно включать уже электромоторы и другие приборы, потребляющие большой ток.

Таким образом, лучи света могут управлять включением или выключением электрических аппаратов любой мощности. Это имеет огромное значение. Изменяя силу падающего на фотоэлемент света, мы можем управлять такими гигантскими машинами, как, например, рельсобалочный прокатный стан или блюминг.

Необходимые для работы фотореле лучи света создаются специальными осветителями. Осветитель состоит из электрической лампочки накаливания, помещённой в металлическую трубку с вделанными в неё оптическими стёклами — линзами. Линзы собирают рассеянный свет электрической лампочки в узкий пучок, направляемый на фотоэлемент. Обычно применяются электрические лампочки с маленькой, как говорят точечной нитью накала, дающие большую яркость с небольшой светящейся поверхности. Часто пользуются лампочками от киноаппаратов или автомобильными.

При управлении с помощью световых лучей на больших расстояниях вместо осветителей с линзами используются рефлекторы типа автомобильных фар или же специальные прожекторы.

Иногда, когда луч света должен быть сделан невидимым, закрывают отверстие осветителя световым фильтром, пропускающим только невидимые, инфракрасные или тепловые лучи. Таким фильтром может служить либо тонкая



Рис. 6. Составные части фотореле.

пластинка эбонита, либо специальным способом приготовленное «чёрное» стекло, называемое марблитом.

Радиоламповые усилители применяют главным образом в тех случаях, когда важно, чтобы фототок изменялся пропорционально силе света (звуковое кино, телевидение и т. д.).

Если же фотоэлемент используется в качестве реле, отмечающего только присутствие или отсутствие света, усилительные радиолампы можно заменять тиратронами. Тиратрон отличается от обычной радиолампы тем, что его колбочка наполнена каким-либо химически неактивным газом или парами ртути.

Когда на фотоэлемент падает свет, фототок «зажигает» тиратрон. Поскольку тиратрон даёт гораздо больший ток, нежели радиолампа, при его применении можно обойтись без электромагнитных реле. К тиратронному усилителю фототоков сразу можно присоединять необхо-

димые приборы, например небольшие моторчики, электрические звонки и т. д.

Фотоэлектронные усилители, как с радиолампами, так и с тиратронами, можно питать либо постоянным током от электрических батарей, либо обычным переменным током.

Кроме фотоэлементов, действие которых основано на открытом Столетовым фотоэффекте, существуют и другие виды фотоэлементов. К ним, в частности, относятся **вентильные фотоэлементы**.

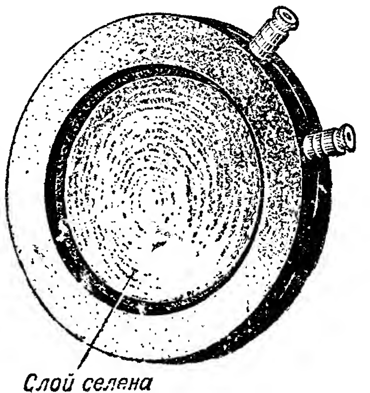


Рис. 7. Внешний вид вентильного фотоэлемента.

Основной составной частью такого элемента является металлическая пластинка, покрытая слоем полупроводника, например пластинка меди со слоем закиси меди или железа со слоем селена.

Будучи включённой в электрическую цепь, такая пластинка пропускает электрический ток в одном направлении и не пропускает его в другом. Электроны могут проходить только от металла к слою полупроводника, а в обратном направлении не проходят. Такой слой полупроводника поэтому получил название «запирающего» или «вентильного».

Но замечательные свойства вентильного слоя этим не ограничиваются. Если соединить проводом металлическую пластинку и слой полупроводника, а затем осветить запирающий слой, то по такой электрической цепи пойдёт ток без всякого постороннего источника. Мы получим таким образом вентильный фотоэлемент.

Вентильные фотоэлементы были впервые изобретены русским учёным В. А. Ульяниным в 1886 году. Основное свойство вентильных фотоэлементов заключается в том, что они сами вырабатывают электрическую энергию, не требуя никаких посторонних источников напряжения (электрических батарей, сети переменного тока и т. д.).

Кроме того, в Советском Союзе созданы высокочувствительные фотосопротивления, т. е. вещества, изменяющие под воздействием света свою электрическую проводимость, и так называемые фотоэлементы со вторичной эмиссией (трубки Кубецкого и Тимофеева).

Техника использования фотоэлементов в промышленности и быту, как мы уже говорили, называется фотоэлектроникой.

Фотоэлектроника может применяться с большим успехом во всех отраслях народного хозяйства: в металлургии, энергетике, металлообработке, химии, в лёгкой промышленности, на транспорте, в связи, в коммунальном хозяйстве и в быту. И везде, где бы ни применялась фотоэлектроника, она неизменно приносит нам большую пользу. Познакомимся теперь подробнее с применениями фотоэлектроники.

II. ОБЩИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРОНИКИ

1. ДВЕРИ ОТКРЫВАЮТСЯ САМИ СОБОЙ

Вы подходите, нагружённые багажом, к двери вокзала. Руки заняты, ногой открывать дверь неудобно. Вы невольно замедляете шаги, собираясь поставить ваш чемодан на пол, и вдруг дверь перед вами распахивается, как бы приглашая вас войти в помещение (рис. 8).

Кто же открыл вам дверь? Удивлённо осматриваясь кругом, вы никого не видите. Как только вы переступили порог, дверь опять-таки сама собой автоматически закрывается.

«Секрет» оказывается прост. Дверь открывается небольшим электромоторчиком, который включился потому, что вы пересекли собой луч света. Небольшой осветитель, закрытый фильтром, испускает пучок невидимых глазу инфракрасных лучей. Лучи перегораживают, как это изображено для наглядности на рисунке, вход в помещение и падают на скрытый в косяке двери фотоэлемент. Пересечение пучка лучей заставляет сраба-

тывать фотореле, которое своими контактами включает цепь питания электромоторчика, открывающего дверь.

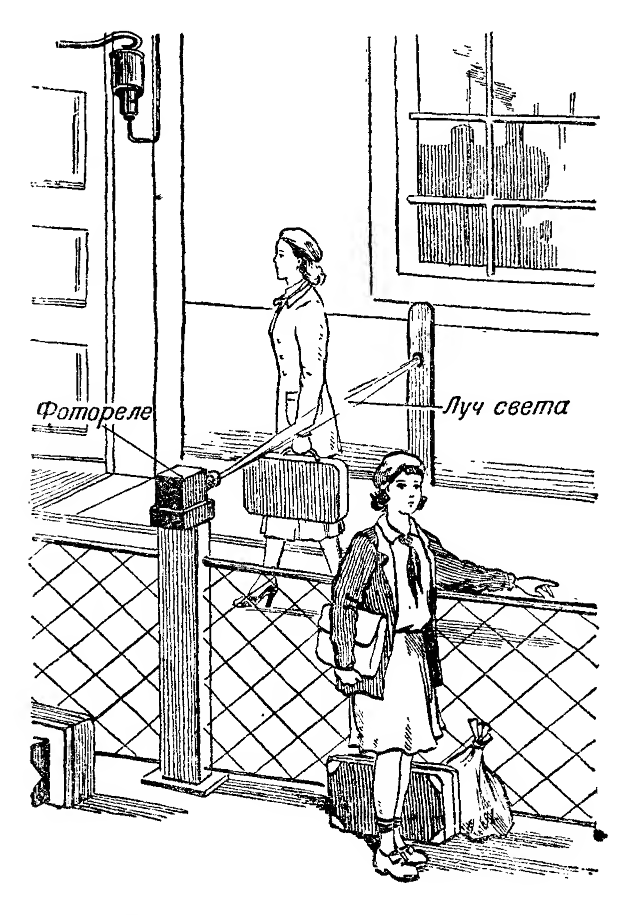


Рис. 8. Фотоэлемент открывает дверь.

Действие фотореле не зависит от скорости, с которой человек пересекает луч, так как оно работает почти моментально. Фотоэлектронные швейцары могут работать в течение полугода и более без всякого ремонта. Они открывают и закрывают двери многие тысячи раз в месяц.

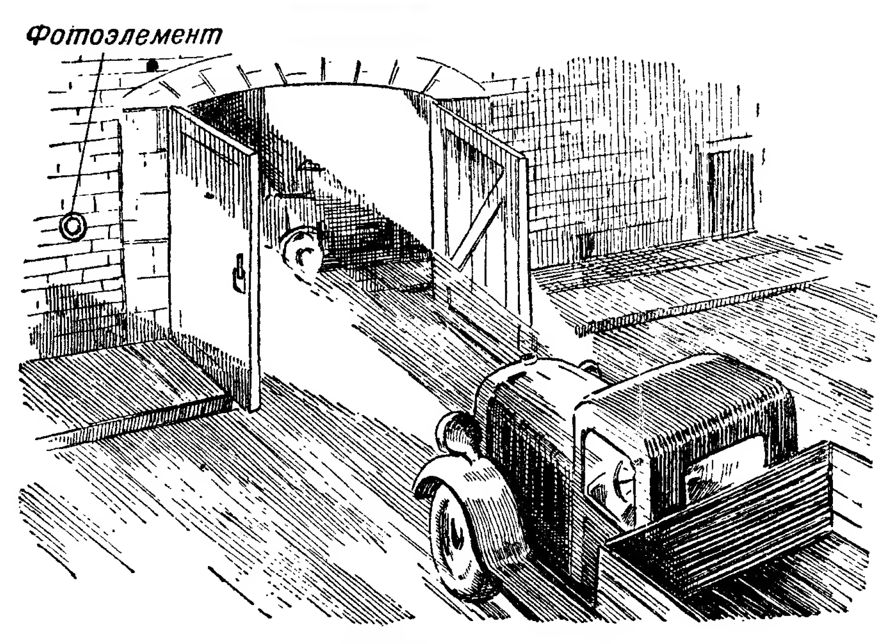


Рис. 9. Автоматические ворота гаража.

При въезде автомобиля в гараж шофёр обычно должен сойти с машины и открыть ворота. Гораздо удобнее и тут применить фотореле. Вы подъезжаете к гаражу и фарами машины освещаете фотоэлемент, или корпус машины перегораживает протянутый поперёк дорожки невидимый луч.

При этом фотореле открывает перед машиной ворота. Когда вы проедете, через определённое время ворота автоматически закрываются.

Представьте себе большой завод со множеством подъездных железнодорожных путей, узкоколеек для вагонеток и автодрезин. Из цеха в цех перевозятся различные изделия. Вагонетки беспрерывно снуют туда и обратно. В то же время держать ворота цеха постоянно открытыми нельзя.

Можно поставить около каждой двери фотоэлектронного швейцара. Тогда не будет задержки в работе, не нужно будет перед каждой дверью останавливать вагонетку. Экономия от этого получается большая — внутризаводской транспорт работает с полной нагрузкой.

Фотореле, этот незаменимый помощник человека, выполняет свою работу всегда быстро, аккуратно и чётко.

2. НЕВИДИМАЯ ОХРАНА

Фотореле может быть использовано и для охраны помещений. Невидимым инфракрасным лучом можно незаметно перегородить любую дверь и быть вполне уверенным, что никто через неё не пройдёт, не вызвав при этом громких сигналов тревоги.

Как только луч света будет кем-либо пересечён, фотореле включает сигнализацию для привлечения внимания охраны (электрические звонки, сирену, мигающие лампочки).

Замаскировав прожектор или другой достаточно мощный источник света в стене здания, в сторожевой будке, на дереве или там, где это удобно, закрывают его отверстие фильтром, не пропускающим видимых лучей света.

Для видимых лучей света фильтр из «черного» стекла или эбонита совершенно непрозрачен, и с первого взгляда никто не сможет догадаться, что объект ограждён невидимым лучом.

Невидимые лучи могут многократно отражаться от зеркал, укреплённых в самых неожиданных местах: на изгороди, на пеньке срубленного дерева, на столбике, на стенке соседнего здания.

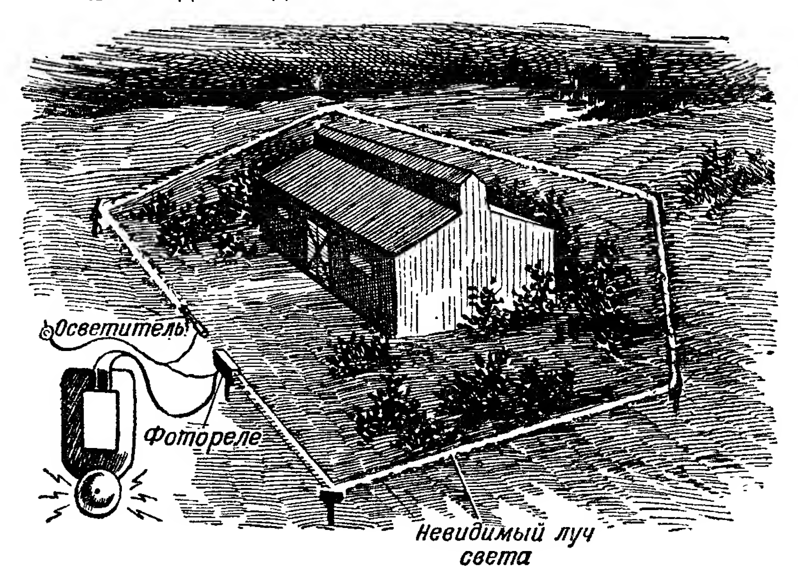


Рис. 10. Охрана склада с помощью фотоэлемента.

Они огибают здание (рис. 10) и попадают в фотоэлемент, который, так же как и прожектор, тщательно маскируется.

3. «ВОЛШЕБНЫЙ» ФОНТАНЧИК

Юные техники Красногвардейского района города Ленинграда сделали для выставки интересную модель. В одном из концов комнаты, где выставлены экспонаты, стоит сооружение, похожее на шкафчик. Подойдя ближе, вы видите, что это — фонтанчик для питья. Но воды нет. Вы наклоняете голову, и вдруг вверх поднимается струйка холодной воды. Вы поднимаете голову — вода перестаёт литься. Вы опять наклонили голову, и снова появляется струя. «Волшебный» фонтанчик, как его называют ребята, очень вежлив и предупредителен. Если что-

нибудь у него не в порядке — засорится раковина или израсходуется вода в баке, — сейчас же наверху шкафчика включается световая надпись: «Воды нет — фонтан не работает».

Чтобы понять устройство «волшебного» фонтанчика, достаточно открыть заднюю дверку шкафа и посмотреть, что там находится. Там установлены фотореле и другие автоматические приборы. Пучок света от лампы направляется на фотоэлемент. Фототок усиливается электронными лампами усилителя, который включает реле. Когда пучок света падает на фотоэлемент, реле возбуждено и якорь его держит контакты разомкнутыми. Но вот вы наклонились к трубке, и фонтан заработал. Это происходит потому, что вы своей головой преградили путь световому пучку, падающему на фотоэлемент. Фонтан будет бить до тех пор, пока световой пучок остаётся пересечённым.

О «волшебных» фонтанчиках в своё время был поднят большой шум за границей: о них много писали и говорили, выдавая за достижение буржуазной культуры и техники. Как видите, ничего особенного эти фонтанчики не представляют, и наши советские дети делают их самостоятельно.

4. КТО ПРИШЁЛ ПЕРВЫМ?

На спортивных состязаниях фотореле может заменить судью.

Традиционные ленты, которые бегун рвёт своей грудью, заменяются лучом света. С одной стороны беговой дорожки устанавливается осветитель, с другой — фотореле. При пересечении луча света срабатывает фотореле, включая электромагнит, нажимающий кнопку секундомера.

Судья может ошибиться и не сразу нажать кнопку секундомера; с фотореле этого никогда не случится. Фотоэлектрический судья отмечает время старта и финиша с точностью до сотых долей секунды.

Такие приборы можно использовать на автомобильных и мотоциклетных гонках, а также на скачках и бегах лошадей.

Фотоэлектронные приборы могут не только автоматически засекать время старта и финиша, но и определять с к о р о с т ь бегуна или мотоциклиста.

Для этого на некотором расстоянии друг от друга надо установить два фотореле и два осветителя. Сначала бегун или мотоциклист пересекает один луч света, а затем второй.

Поскольку фотореле установлены на определённом расстоянии друг от друга, то по разнице во времени пере-

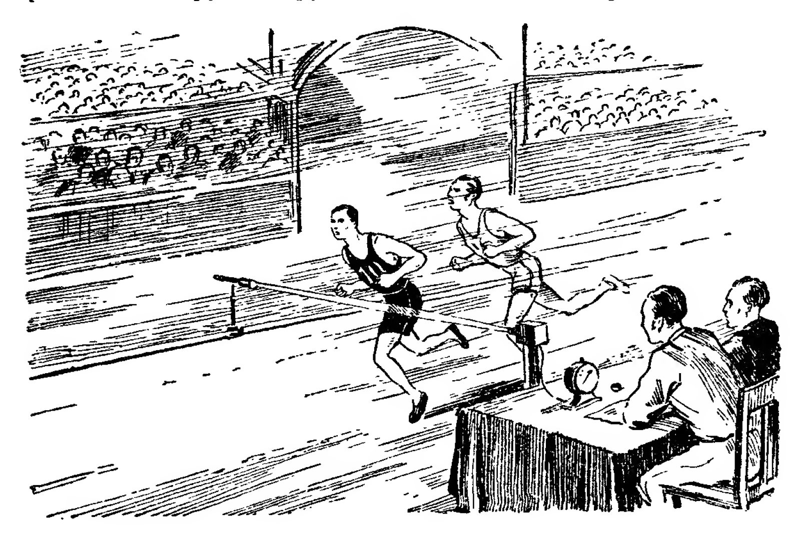


Рис. 11. Фотоэлемент на стадионе.

сечения лучей можно судить о средней скорости передвижения спортсмена.

Таким отметчиком времени с двумя фотореле можно также определять скорость движения грузовых и легковых автомашин, паровых и электрических поездов, пароходов и других видов транспорта.

5. БЕЗОПАСНОЕ РУЖЬЁ

Широкое применение фотоэлектроника может найти и в стрелковом спорте. Фотореле даёт возможность построить тир совершенно нового устройства, в котором можно будет стрелять по мишени не пулями, а лучом света.

Электрическая лампочка с небольшим рефлектором устанавливается в «стволе» фотоэлектронного ружья. В прикладе помещаются сухие батарейки от карманного электрического фонарика. Спусковой крючок служит замыкателем цепи лампочки.

При точном прицеливании нажимают крючок, и короткий проблеск света попадает на фотоэлемент, установленный в центре мишени. Фотореле включает электрический звонок, цветную сигнальную лампочку или какой-нибудь забавный пружинный автомат.

Фотоэлектронный тир может пригодиться для начального обучения и тренировки в лагерях, клубах, парках, а также в стрелковых школах. Такой тир можно устраивать в любом помещении. Для тренировки в нём не надо патронов, он совершенно безопасен и не требует больших расходов.

6. ЛИСА ИДЁТ ДОМОЙ

С помощью фотоэлементов можно построить и автоматический фотоаппарат, который очень пригодится на-

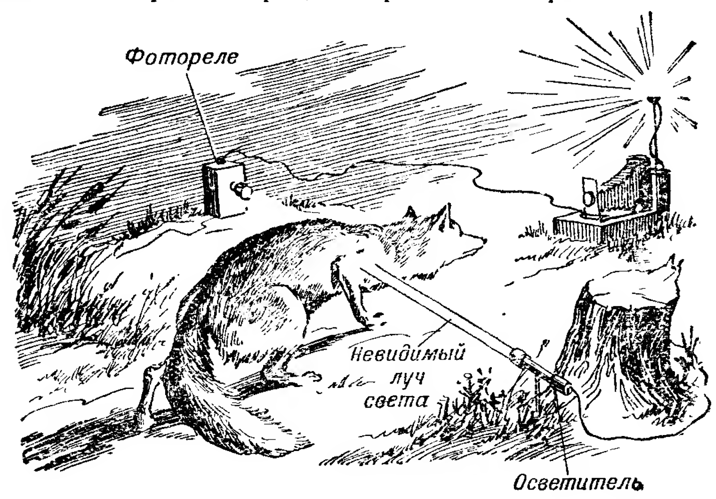


Рис. 12. Фотореле фотографирует лису.

туралистам. Таким аппаратом можно будет фотографировать не только днём, но и ночью лисицу у её норы или

птицу около гнезда и получить при свете автоматически вспыхнувшего магния снимки, которые самый ловкий фотограф не сможет сделать обычным способом.

При каждом пересечении луча света животным или птицей срабатывает фотореле и включает электромагнит, который воздействует на затвор фотоаппарата и специальным запалом зажигает магний. Если съёмка производится днём, то магниевая вспышка не нужна.

Понятно, что таким же путём можно снимать целые кинофильмы из жизни животных в естественной обстановке, что обычно представляет очень большие трудности.

7. СПОКОЙНО — СНИМАЮ!

Если вы умеете фотографировать, то знаете, как трудно правильно определить время выдержки (экспозицию). Много таблиц, по которым надо производить сложные, запутанные вычисления в зависимости от освещённости фотографируемого предмета, заставляют ошибаться даже опытных фотографов.

Фотоэлектроника и тут может помочь делу.

Мы уже говорили, что ещё А. Г. Столетовым было доказано, что чем сильнее свет, тем большей силы получается фототок. Действие фотоэлектронного прибора, автоматически управляющего затвором фотоаппарата, основано именно на этом явлении.

Рядом с объективом фотоаппарата устанавливается фотоэлемент, направленный на предмет съёмки. Свет, отражённый от предмета, выбивает из катода фотоэлемента электроны, которые заряжают электрический конденсатор. Когда конденсатор накопит полный заряд, он автоматически разряжается и включает электромагнит, связанный с затвором фотоаппарата. Электромагнит немедленно закрывает затвор — съёмка закончена.

Если снимаемый предмет ярко освещён, то выдержка, как известно, должна быть маленькой. Так и получается в этом автомате. Заряд в конденсаторе при сильной освещённости накапливается быстро. При слабом освещении (большая выдержка) конденсатор заряжается соответственно медленнее. Конечно, для фотографических пластинок разной чувствительности надо брать и разные конденсаторы.

Подобные аппараты очень полезны также и для киносъёмок. Они меняют величину отверстия диафрагмы перед объективом, и киноплёнка освещается всегда равномерно. Чем ярче свет на сцене, тем меньше делается отверстие диафрагмы. Когда в глаза попадает яркий свет, наши зрачки сами сужаются. Так же действует автомат для киносъёмки: отверстие диафрагмы кинокамеры немного уменьшается или увеличивается в зависимости от освещённости. Всё это делается автоматически при помощи фотоэлемента.

8. СВЕТ УПРАВЛЯЕТ МЕХАНИЗМАМИ

Можно сделать прибор, позволяющий управлять различными механизмами посредством световых сигналов на расстоянии. Основную часть такой установки опять-таки составляет фотореле, но при этом фотореле соединено с особым механизмом, называемым селектором или иначе избирателем сигналов. Селектор по своему устройству похож на электромагнитное реле.

При включении тока в обмотку электромагнита его якорь притянется к сердечнику. К одному концу якоря прикрепляется изогнутая пластинка-собачка, которая при этом нажимает на зубец храповика (колеса с косыми зубьями) и поворачивает его.

Но на оси храпового колеса насажена тонкая пружинящая пластинка. Эта пластинка поворачивается вместе с храповиком и своим концом скользит по контактам. При каждом включении тока в обмотку электромагнита собачка поворачивает храповое колесо на один зубец.

Пластинка при этом перескакивает с одного контакта на другой и включает то одну, то другую исполнительную цепь.

Один из контактов селектора можно сделать нулевым, так чтобы к нему не присоединялся ни один механизм. Когда щёточка стоит на этом контакте, то все механизмы, присоединённые к селектору, бездействуют. Другой контакт соединяется, например, с электромотором, открывающим и закрывающим водопроводный кран, следующий включает комнатный вентилятор, третий открывает двери, четвёртый заставляет работать электрический

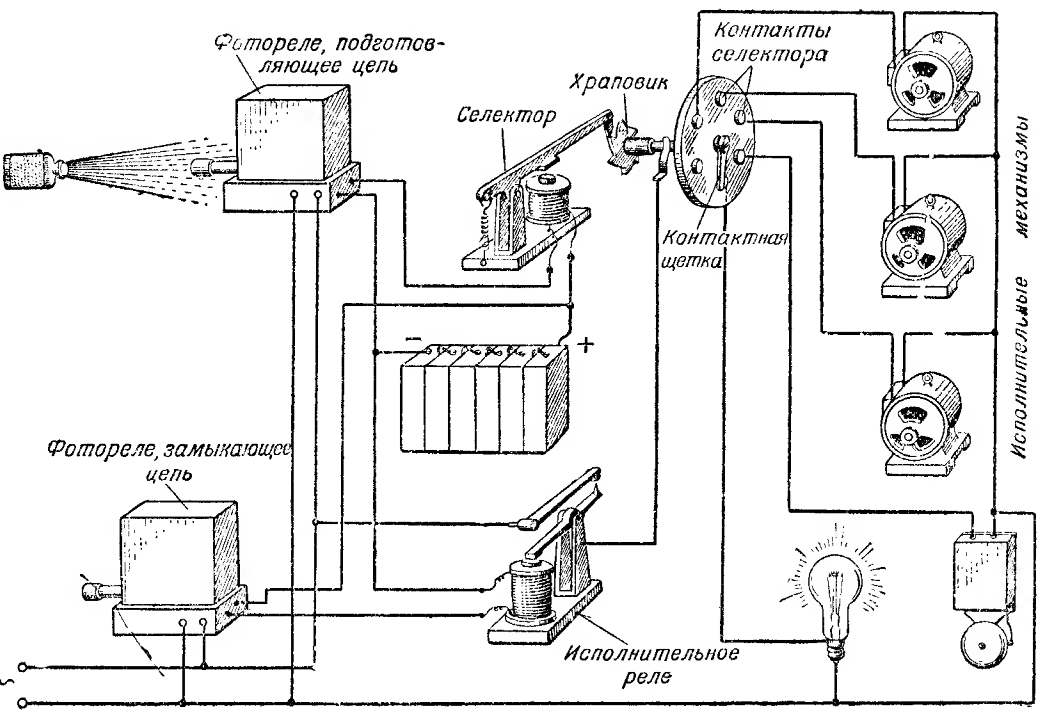


Рис. 13. Схема прибора для управления механизмами на расстоянии посредством света.

звонок, пятый замыкает цепь сигнализационной лампочки и т. д.

Осветим фотореле, соединённое с селектором, карманным электрическим фонариком. При первой вспышке селектор передвигает щёточку на соседний контакт и включает в ход электродвигатель, открывающий водопроводный кран. Ещё одна вспышка света — и заработал комнатный вентилятор.

При следующем световом сигнале в комнате сами собой открываются двери, при четвёртом — раздаётся звон колокольчика электрического звонка. Пятая вспышка света включила электрическую лампочку, а при шестом сигнале щёточка опять встала на нулевой контакт.

Шесть световых сигналов — пять включений различных исполнительных механизмов. Для того чтобы включился, скажем, вентилятор, нам нужно дать два сигнала и последовательно включить одну за другой обе цепи. Сначала включается моторчик, открывающий водопроводный кран, а потом уже вентилятор.

А если нам совершенно не требуется открывать крана и мы хотим включить только моторчик вентилятора, то как быть тогда? Что надо сделать для того, чтобы цепи исполнительных механизмов включались не последовательно друг за другом, а по нашему выбору? Для этого можно установить второе фотореле, контакты которого управляют включением электрической батареи, питающей исполнительные механизмы.

Как бы щёточка селектора ни передвигалась по контактам, в каком бы положении она ни находилась — механизмы, соединённые с контактами, не работают до тех пор, пока не освещён второй фотоэлемент. Получается так, что первое фотореле только подготовляет включение цепи, а второе её замыкает.

Теперь можно включать по выбору любую электрическую цепь. Вы подходите к аппарату и направляете фонарик на фотоэлемент, управляющий селектором. Например, вам надо включить электрический звонок. Один нажим кнопки фонарика, другой, третий, четвёртый. От четырёх импульсов света щёточка селектора перескочила с первого на пятый контакт.

Цепь включения исполнительного механизма (звонка) подготовлена. Теперь вы направляете луч света на

второй фотоэлемент, соединённый с электромагнитом, включающим ток от электрической батареи. Звонок немедленно начинает работать. Точно таким же способом вы можете включить любую другую исполнительную цепь.

Стоит только отвести луч света в сторону от фотоэлемента, управляющего выключателем, как сразу же звонок перестаёт звонить. Цепь питания разорвалась, батарея отсоединилась.

На каком же расстоянии можно управлять этим автоматом? Дальность действия фотоэлектронного автомата зависит от мощности пучка света.

В описанном выше опыте источником света являлась лампочка от карманного фонарика. Она даёт сравнительно небольшой и рассеянный световой поток. Поэтому дальность управления в этом случае всего пять-шесть шагов. Но если мы используем специальный осветитель с мощным пучком света, то управление может производиться и с большего расстояния. Например, при управлении светом прожектора это расстояние может равняться нескольким километрам.

Управлять на расстоянии можно не только видимым светом, но и посредством невидимых, инфракрасных лучей. Это будет ещё интереснее.

Круг деятельности автомата может быть чрезвычайно разнообразен. Легко догадаться, что фотоэлектронный автомат может пускать в ход любые механизмы. Вместо вентилятора может открываться, например, вентиль, пускающий пар в турбину, кран баллона со сжатым воздухом и т. д.

9. АВТОМОБИЛЬ И СОБАЧКА

Управлять на расстоянии можно не только неподвижными, но и движущимися механизмами. Можно сделать, например, движущуюся модель автомобиля.

Направляя на фотореле луч света от карманного фонарика, мы заставляем его включать избиратель сигналов управления — селектор.

При каждой вспышке света селектор будет передвигать свою щётку на соседний контакт, соединённый с исполнительными механизмами (реле пуска в ход и остановки, рули поворота вправо, влево и т. д.).

Опыты с управляемыми моделями «видящих автомобилей» очень интересны. При одном нажиме кнопки карманного фонарика модель, скажем, двигается прямо, при двух — влево, при трёх — вправо.

На одной выставке показывали оригинальную собаку. Она была сделана из фанеры и покрыта фетром. Ноги собаки были на роликах, а вместо глаз виднелись два стеклянных шарика. Когда эту собаку освещали, держа в руках электрический фонарик, она начинала двигаться на свет и громко лаять.

Если человек с фонарём отходил в сторону, собака немедленно поворачивалась к свету и, продолжая лаять, как живая, двигалась прямо на него. Только когда выключался свет, она успокаивалась. Как же она была устроена? За её стеклянными глазами были установлены фотоэлементы, отделённые друг от друга непрозрачной перегородкой.

Одно фотореле было соединено с цепью питания электромотора левой ноги собаки, а другое — правой.

При одновременном освещении обоих глаз собаки фотоэлементы возбуждались, соединённые с ними реле срабатывали. Своими контактами реле включали цепь питания обоих электромоторов, приводились в движение ролики на ногах собаки, и она двигалась прямо на свет. Но вот человек отходил вправо. Свет фонарика переставал попадать в левый глаз, в то время как правый глаз оставался попрежнему освещённым. Реле фотоэлемента, помещенного за левым глазом, немедленно выключало электродвигатель ролика правой ноги. Ролик левой ноги продолжал вращаться, и поэтому собака поворачивалась вправо.

10. В РОЛИ ПОЖАРНОГО

Фотореле можно поручить роль автоматического пожарника. Склад горючего или другой опасный в пожарном отношении объект разбит на участки. На каждом участке укреплён фотоэлемент.

Пока пожара нет и всё спокойно, фотоэлемент не работает. Однако он зорко следит за тем, чтобы в помещении не появился огонь. Уже незначительная вспышка света приводит фотоэлемент в большое беспокойство. В какую-нибудь долю секунды он реагирует, включает

тревожную сигнализацию в помещении пожарной команды, постов охраны и, не дожидаясь помощи извне, немедленно сам начинает тушить начинающийся пожар. Автоматически включаются насосы, открываются краны, и весь участок, охраняемый фотоэлементом, заливается бурными потоками воды. Фотоэлектронный пожарник может приводить в действие пеногонные аппараты (тушение пожара пеной), а также напускать в помещение не поддерживающий горения углекислый газ.

На многих складах возможно самозагорание хранящихся там материалов, химикатов и легко воспламеняющихся веществ. В этих случаях фотоэлектронный автоматический пожарник окажет неоценимую услугу. Но мало этого. Он может включать сигнализацию и тушащие приспособления не только при вспышке света. С таким же успехом его можно отрегулировать и на появление дыма. Пожар ещё не успел разгореться, ещё огня нет, появился только лёгкий дымок, а бдительный автомат уже бьёт тревогу.

III. ФОТОЭЛЕКТРОНИКА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. В ЦАРСТВЕ ОГНЯ И ГИГАНТСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Наиболее обширная и интересная область применения фотоэлектроники в промышленности — это прокатное производство.

Новые советские методы прокатки используют действие фотореле, которое производит переключение отдельных частей прокатного стана так, что он может работать совершенно автоматически.

Передвигаясь по роликам к блюмингу, огромный пышущий жаром стальной слиток пересекает луч света, направленный на фотореле (выделенное на рис. 14 кружком), или воздействует на него собственным светом и теплом.

Этим он автоматически приводит в действие механизмы, управляющие прокаткой, без участия человека.

Вот гигантская машина принимает слиток в свои мощные объятия. Два огромных тяжёлых вала блюминга, расположенные один над другим, с большой силой давят слиток, обжимают и сплющивают его. Слиток, вышедший

из-под валов блюминга, двигаясь далее по роликам, при помощи фотореле приводит в действие ножницы. Автоматически опускаются мощные ножи, разрезающие бол-

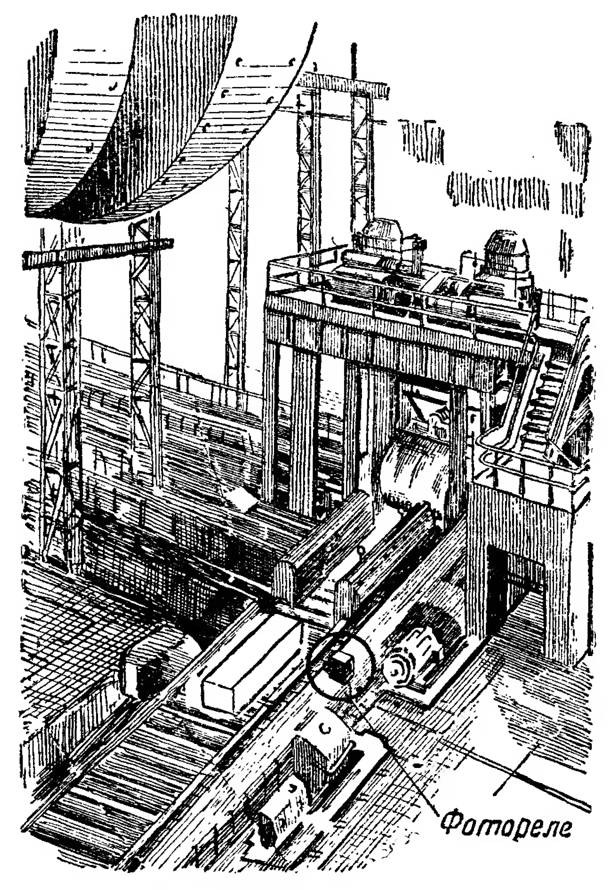


Рис. 14. Фотореле на блюминге.

ванку на куски с такой же лёгкостью, как обычные ножницы режут бумагу. После этого металл подвергается дальнейшей обработке на сортовых прокатных станах, которые делают из него рельсы, балки, уголки и другие изделия.

Чётко и слаженно работают автоматические механизмы, управляемые «электрическими глазами».

В чёрной и цветной металлургии фотоэлектроника является незаменимым средством контроля и регулирования. Фотоэлектроника сокращает срок плавки, оберегает печи от быстрого износа, освобождает мастеров от хлопотливого ручного регулирования и улучшает качество выплавляемого металла. При автоматическом управлении плавильными печами и прокатными станами металл всегда имеет требуемую температуру. Там же, где управление печами идёт на-глаз или при помощи старых неавтоматических приборов, может получиться либо перегрев, либо недогрев металла, что очень вредно. Если температура болванки ниже, чем полагается для прокатки, вальцы могут остановиться или даже сломаться; если выше, то ухудшится качество металла.

Как же измерять температуру раскалённой болванки? Обычные приборы для измерения температуры, пирометры, основаны на сравнении яркости контрольной лампы с яркостью прокатываемой болванки на-глаз. Этот способ определения температуры не отличается большой точностью. Дело в том, что у разных людей глаза имеют различную чувствительность. Один, например, определил температуру в 1000 градусов, а другому кажется, что она больше или меньше. Фотоэлектронный пирометр измеряет температуру раскалённой болванки очень точно.

Особенно интересно то обстоятельство, что фотоэлектронный пирометр может измерять и низкие температуры, когда болванка ещё не успела нагреться докрасна и испускает только невидимые инфракрасные лучи.

Фотоэлектронные пирометры благодаря своей способности быстро и точно определять температуру металла особенно полезны при обработке качественных сталей.

Во время обработки металлических листов на станах горячей прокатки чрезвычайно важно знать их ширину.

Раньше отклонения ширины полосы от необходимой определялись только после прокатки, когда листы уже были смотаны в рулоны и направлялись на склад. Посредством фотоэлектронной автоматики можно осуществить непрерывное измерение ширины полосы во время прокатки. На оба края прокатываемой полосы от осветителей посылаются узкие световые лучи, направленные на

фотоэлементы. Изменение ширины полосы вызывает изменение величины фототока, что при помощи усилительной схемы передаётся на управляющие приборы. Это даёт возможность в случае отклонения ширины листов от нормы немедленно принимать меры к исправлению брака.

С помощью фотореле производится также автоматическое опрокидывание листов при прокате.

Фотоэлементы позволяют быстро производить анализ состава качественных сталей. Для этого соединяют вместе прибор для анализа состава вещества — спектроскоп и фотоэлектронное устройство.

В спектроскоп попадают лучи света от двух электрических дуг сразу. Одна дуга нормальная, а другая горит между углём и кусочком пробы из анализируемого металла.

Получаются два спектра, расположенные один над другим в одном масштабе. За специальным экраном со щелями располагается фотоэлемент. В зависимости от того, насколько ярко светят спектральные линии, ток в фотоэлементе увеличивается или уменьшается. Чувствительный гальванометр, соединённый с фотоэлементом, указывает, сколько примесей (алюминия, кобальта, хрома, вольфрама, марганца, ванадия, молибдена и др.) находится в стали.

Этот автомат называется фотоэлектрическим компаратором. Он позволяет быстро и точно определять состав качественных сортов стали. Никакой специалист не сможет работать так точно, как работают подобные автоматы.

2. ЗОЛОТЫЕ ЗЁРНА

В угольной и горнорудной промышленности фотоэлементы могут быть использованы для автоматического регулирования и контроля скорости подъёма и опускания клети, для контроля целости канатов, для управления шахтной вентиляцией, управления заслонками бункеров для угля в зависимости от их наполнения.

Фотореле может быть использовано также для управления путевыми стрелками, для торможения и остановки электровозов в тех случаях, когда пути заняты.

Фотореле может отсортировывать породу от угля и куски угля по их размерам, указывать на наличие в шахте

угольной пыли во взвешенном в воздухе состоянии, а также взрывоопасного газа метана и ядовитой окиси углерода.

Фотореле может служить для контроля и регулирования рудничного освещения, для указания степени наполнения вагонеток, для контроля загрузки транспорта, счёта вагонов.

Всё это ведёт к улучшению техники безопасности, увеличению производительности труда, удешевлению угля и руды, а главное — к облегчению труда рабочих.

Для примера расскажем об интересной машине, служащей для обогащения золотой руды. Этот автомат состоит из фотоэлектрической установки и конвейера — отборщика.

Из питающей воронки-бункера руда (золотоносный песок) подаётся на бесконечную ленту конвейера. Поперёк конвейера располагаются несколько фотореле. Руда освещается сильными электрическими лампами. Далее над конвейером помещено несколько всасывающих трубочек. Эти трубочки при помощи электромагнитов могут пригибаться к ленте конвейера и засасывать песок с золотыми крупинками. Они клюют его, как куры зерно. Трубочки соединены с большим закрытым со всех сторон баком, из которого насосом выкачивается воздух. В бак попадает проглоченный трубками песок. Этот отобранный песок значительно богаче золотом, чем тот, который попадает на конвейер. От золота свет лампы отражается лучше, чем от пустой породы, и поэтому фотореле под действием этого света включает электромагниты, пригибающие трубочки, только в те моменты, когда под ними проходит богатая золотом руда.

На заводе, на фабрике фотореле — лучший друг и помощник рабочего. Оно освобождает человека от множества утомительных и однообразных работ, действует почти моментально и, что самое главное, не знает усталости.

3. «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЛАЗ» СЧИТАЕТ

Фотореле можно использовать для автоматического подсчёта изделий, проходящих по конвейеру. На-глаз обычно бывает трудно подсчитать количество деталей, особенно если конвейер движется быстро. Фотореле

же может безошибочно считать с очень большой скоростью.

Чтобы фотореле использовать для подсчёта изделий, к его контактам надо подключить электромагнитный счётчик. Осветитель следует установить по одну сторону конвейерной ленты, а фотореле — по другую. Тогда каждая деталь при своём движении будет пересекать луч света от

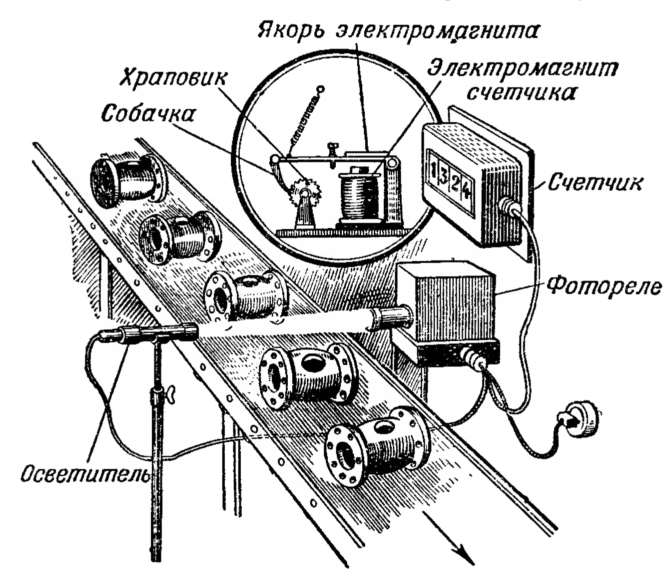


Рис. 15. Автоматический подсчёт числа деталей.

осветителя. При этом электромагнитный счётчик будет получать импульс тока и передвигать считающий барабан на одно деление (рис. 15).

4. «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЛАЗ» ВЗВЕШИВАЕТ

Многие изделия на производстве должны проверяться по весу. Отклонения от нормы, выходящие за пределы допусков, дают брак.

Фотореле можно приспособить для автоматической разбраковки изделий по весу. Для этого с обратной стороны шкалы обычных стрелочных весов укрепляются два

фотоэлемента на некотором расстоянии друг от друга и соединяются электрическими проводами с усилителями фототоков.

К стрелке весов прикрепляется кусочек непрозрачной бумаги, картона или фольги. На шкалу направляются лучи света от осветителей, которые через вырезанные в шкале отверстия попадут на фотоэлементы.

Если изделие имеет нормальный вес, то стрелка весов будет стоять на нуле, и изделие пройдёт по конвейеру дальше.

Если же изделие весит больше или меньше нормы, то стрелка весов отклонится влево или вправо и перекроет тот или иной луч света. В результате срабатывает одно или другое фотореле, и негодная деталь удаляется с конвейера электромагнитными сбрасывателями. Одновременно включается сигнализация, привлекающая внимание рабочего.

Фотоэлектронными весами разбраковывают, например, шарики для центробежных регуляторов и другие детали, вес которых должен быть очень точным.

В пищевой и вкусовой промышленности на фотоэлектронных весах можно взвешивать чай, кофе, какао и другие продукты.

5. ОСТРЫЕ ЛЕЗВИЯ

На предприятиях фотореле может найти многочисленные применения для контроля размеров изделий. Вот перед вами тончайшая, тоньше человеческого волоса, проволока. Мы можем, конечно, измерить её толщину какимнибудь измерительным инструментом. Но при этом проволока может деформироваться: достаточно немного посильнее надавить на неё, и она уже изменит свои размеры. Кроме того, при производстве проволоки, когда тонкая нить перематывается на катушку, очень неудобно каждый раз останавливать машину для измерений. И в этом случае фотоэлектроника может оказать большую услугу.

Проволока протягивается перед фотоэлементом и загораживает собой свет от лампочки осветителя. Ясно, что, чем толще проволока, тем меньшее количество света попадает на фотоэлемент и тем, следовательно, меньше будет фототок. По показаниям гальванометра, присоеди-

нённого к усилителю фототоков, толщину проволоки определяют с очень большой точностью.

Фотоэлектронными приборами можно контролировать остроту лезвий бритв, хирургических инструментов и других подобных им тонких изделий.

Преимущество фотоэлектронного способа измерения заключается ещё и в том, что размеры деталей можно контролировать на ходу станка или конвейера.

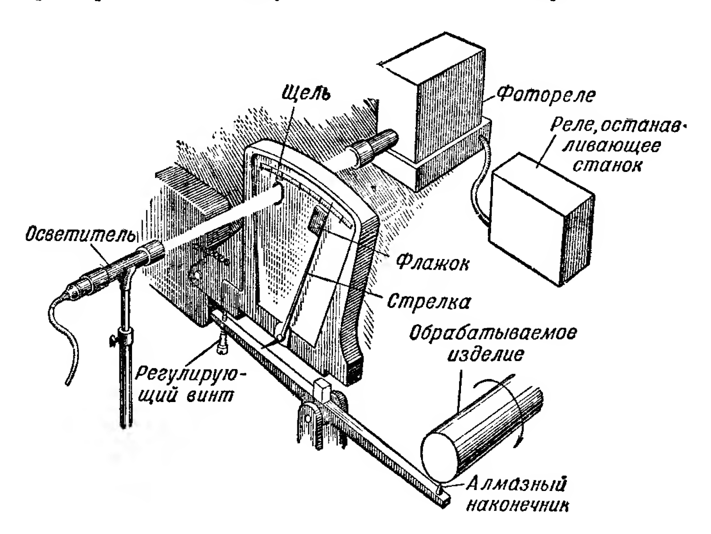


Рис. 16. Устройство для контроля толщины обрабатываемого изделия

На рисунке 16 изображён фотоэлектронный прибор, служащий для автоматического контроля толщины обрабатываемой на станке детали.

6. БЕЛИЗНА ЭМАЛИ

Фотоэлементы часто используются для разбраковки изделий по чистоте обработки их наружной поверхности.

Вот по конвейеру передвигаются никелированные детали. Луч света падает на деталь, отражается и попадает в фотоэлемент. Если поверхность детали блестя-

щая и ровная, отразится большее количество световой энергии, нежели в том случае, когда деталь тусклая и шероховатая. Значит, фототок в этих двух случаях будет различный: в первом случае больше, чем во втором.

Измерительный прибор фотоэлектронного автомата градуирован только на два предела: «брак» и «годно». При таком устройстве получается полуавтоматическая

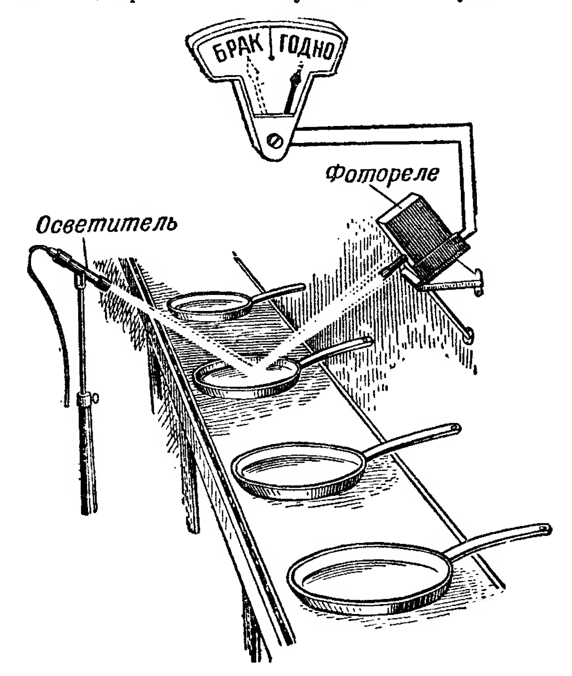


Рис. 17. Фотоэлемент проверяет качество эмалированной посуды.

разбраковка. Фотореле определяет лишь пригодность детали. Забракованная же деталь удаляется с конвейера вручную. Однако и этот процесс можно полностью автоматизировать. Для этого надо построить фотореле так, чтобы оно автоматически включало особый электромагнит, сбрасывающий бракованные изделия с конвейера.

Центральная лаборатория завода эмалированной посуды разработала методы испытания готовых изделий, основанные на применении фотореле. Белизна эмали определяется фотоэлектрическими приборами. Контроль готовой продукции при помощи этих приборов даёт возможность значительно повысить её качество.

7. «УМНЫЕ» МАШИНЫ

Советскими инженерами разработан токарный станок-автомат, который без участия рабочего производит обработку деталей. Резец автомата управляется при помощи фотореле. Пучок электрического света, направленный на чертёж, даёт яркую световую точку диаметром 0,1—0,2 миллиметра. Отражённый от чертежа луч света попадает на фотоэлемент. Освещённость фотоэлемента изменяется от того, попадает ли пучок света на линию чертежа или на белую бумагу. Это вызывает изменение фототока. Фотореле включает мотор подачи резца, и он вытачивает заданный профиль детали точно по чертежу.

Кроме токарных автоматов, построены и другие фотоэлектрические станки: фрезерные, сверлильные, строгальные, долбёжные. Подобные станки имеют в нашей стране особое значение. Они освобождают людей для более квалифицированной работы.

А. В. Коровин, один из старейших изобретателей Уралмашзавода, изготовил прибор для автоматической шабровки плоскостей. Работа этого прибора регулируется фотореле, при помощи которого режущий инструмент автоматически обрабатывает изделие точно по заданному рисунку (оттиск).

Этот рисунок получается накладыванием белого листа бумаги на обрабатываемую поверхность после снятия изделия с контрольной шабровочной плиты. Для получения отпечатка на контрольную шабровочную плиту наносится тонкий слой краски.

Прибор Коровина точно следует «указаниям» рисунка, вставляемого в фотореле, и срезает те части поверхности, которые покрыты краской, выполняя очень трудоёмкую, требующую большой точности операцию. Рабочему остаётся только наблюдать за работой «умного» прибора.

Фотореле может контролировать также и правильность сборки деталей. Если, например, необходимо вставить одну цилиндрическую деталь в другую точно по центру, фотореле автоматически будет сигнализировать рабочему, когда деталь установлена неправильно. Рабочий-сборщик своевременно заметит ошибку и тут же исправит её. Но можно пойти ещё дальше и сделать так, что вместо сигнала фотореле включит механизм, который автоматически исправит ошибку рабочего.

8. ДЕТАЛИ СКОРО КОНЧАТСЯ!

На автоматических линиях станков и на конвейерах устанавливаются приспособления, которые подают детали для сборки изделий непрерывным потоком. Детали, например гайки, находятся в бункере, откуда поступают на конвейер для сборки. Рабочему, обслуживающему какой-нибудь участок конвейера, нужно знать, сколько деталей осталось в бункере, чтобы во-время их туда добавить. Если он этого не знает, то деталей может нехватить, работа остановится и на соседних участках конвейера. Луч света на пути прохождения деталей, воздействуя на фотореле, может своевременно подать сигнал о том, что детали скоро кончатся. Сигнал этот может быть световым (сигнальная цветная лампочка) или звуковым (электрический звонок). Сигналы привлекают внимание рабочего, который сразу засыпает в бункер новую партию деталей.

Фотореле может не только давать сигналы, но в нужных случаях остановить конвейер или заставить его двигаться назад.

9. КОНТРОЛЬ ТВЁРДОСТИ

Для контроля твердости деталей после закалки применяются различные способы. Вдавливают, например, в деталь стальной шарик и по диаметру получаемой лунки судят о твердости. Применяются и другие способы. Если вы работаете на производстве, то, несомненно, знаете, как неудобны такие методы контроля. Нет ничего проще, как заставить фотореле выполнять эту работу.

На определенной высоте над конвейером пропустите луч света, разместив осветитель и фотореле по обеим сторонам конвейерной ленты. Сбоку установите молоток с длинной ручкой, который периодически ударял бы по детали, свободно падая с неизменной высоты. Молоток можно приводить в движение через рычаги, связанные с конвейерной лентой.

После того как молоток ударит по детали, он подскочит вверх на высоту, которая будет зависеть от твердости контролируемой детали.

Если твердость достаточна, то молоток подскочит на требуемую высоту и пересечет луч света фотореле.

Срабатывая, фотореле пропускает годные детали дальше по конвейеру. Если же деталь мягче, чем нужно, то молоток не подскочит до луча света. Деталь бракуется и автоматически сбрасывается с конвейера в ящик для брака.

Такой автоматический контролер применяется, например, на автозаводах. Он проверяет поршневые пальцы моторов автомобилей по их твердости со скоростью 25 штук в одну минуту.

Могут возразить: почему обязательно молоток должен пересечь луч света, а не замкнуть прямо контакты?

Дело в том, что фотоэлектронный способ гораздо совершеннее. Контакты подвергаются ударам, могут разрегулироваться, изогнуться и загрязниться. С лучом света этого никак не может произойти.

10. ДРУГ ШТАМПОВЩИКА

На производстве иногда могут происходить несчастные случаи с рабочими, по недосмотру попадающими в машину рукавом или полой спецодежды. Для того чтобы сделать безопасной работу, вращающиеся шестерни и другие части машин закрывают, где это возможно, кожухами или ставят предохранительные решётки и сетки. Но это не всегда помогает. Здесь также нам на помощь приходит фотореле, которое предостерегает невнимательного рабочего от грозящей ему опасности резкими звонками и световыми вспышками сигнальных лампочек. Лучи света, направленные от осветителя на фотореле, ограждают опасные зоны машин.

Конечно, фотореле защищает рабочего не только при работе на станках, но и на других механизмах: на прессах, штампах, ножницах, вальцах. Если опасную зону

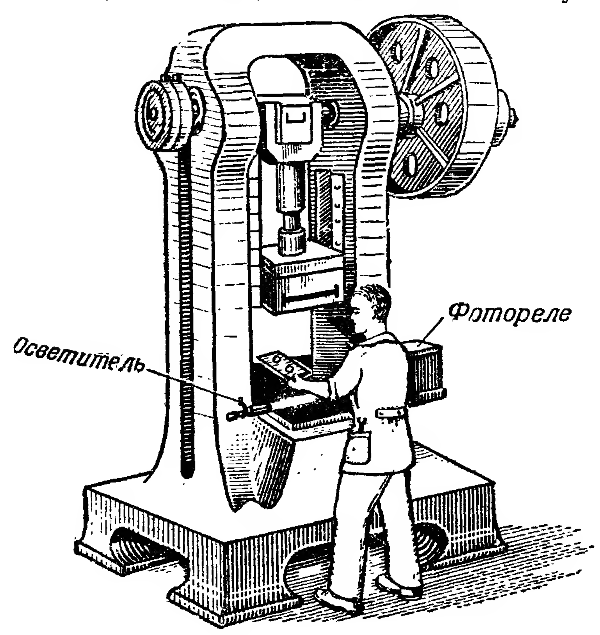


Рис. 18. Фотоэлемент защищает рабочего.

перегородить лучом света, то пресс (или ножницы) нельзя будет включить до тех пор, пока, например, не убраны руки рабочего.

11. УРОВЕНЬ — ВЫШЕ, УРОВЕНЬ — НИЖЕ!

Химическая промышленность имеет дело с жидкостями и сыпучими телами, находящимися в чанах, цистернах, баках, бункерах. Одним из применений фотоэлектроники в химических производствах являются автоматический контроль и регулирование уровня жидкостей. С одной стороны бака устанавливается вделанный в его стенку осветитель, а с другой — фотореле. Когда бак наполнен жидкостью, луч света на фотореле либо не попадает совсем (если жидкость непрозрачна), либо попадает, но сильно ослабленным (если жидкость прозрачна).

Фотореле отрегулировано таким образом, что оно не действует, пока уровень жидкости нормальный.

Когда жидкость опустится ниже установленного уровня, яркий луч света попадет на фотоэлемент, и фотореле включает сигнализацию.

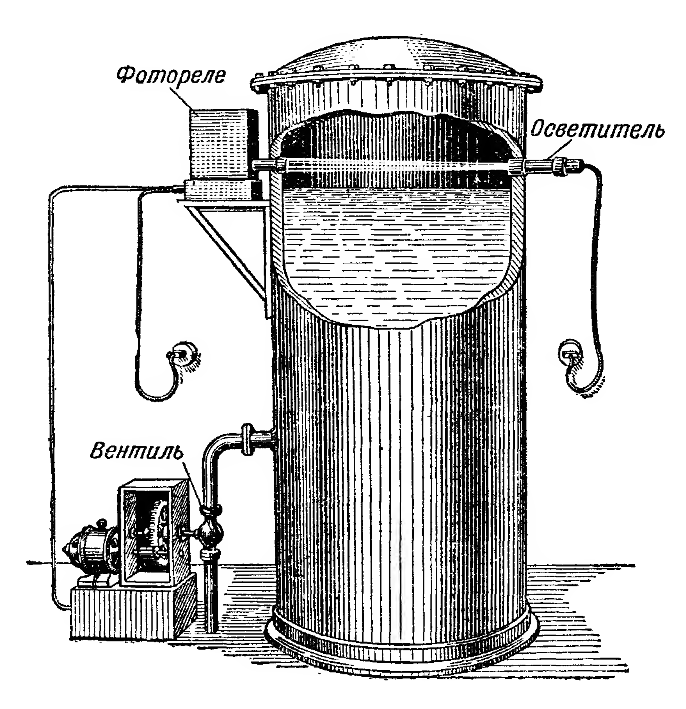


Рис. 19. Контроль уровня жидкости.

Это устройство применимо не только в химическом, но и на любом другом производстве, в энергетическом хозяйстве, в металлургической и горнорудной промышленности.

Кроме звуковой или световой сигнализации, могут автоматически пускаться в ход моторы насосов, накачивающих жидкость в резервуар при его опорожнении, или специальные конвейеры для насыпки сыпучих тел (уголь, руда, песок) в ящики или бункеры. На верхней части баков, чанов и бункеров устанавливают ещё одно фотореле,

которое при наполнении доверху выключает моторы или конвейеры. Сигнализатор превращается в автоматический регулятор уровня.

Во многих производствах имеет большое значение определение уровня чистой жидкости в отстойных чанах. Когда жидкость отстаивается, на дне чана выпадает осадок, а сверху жидкость становится прозрачнее. Фотореле, установленное на нужном уровне, даёт сигнал, если жидкость в том месте, где проходит луч света, стала прозрачной.

Установки с фотореле для автоматического контроля уровня дают большую экономию на производстве.

Такая установка была применена автором на одном из химических заводов для автоматической сигнализации падения уровня вещества. В закрытой кабине находится машина для смешивания двух сыпучих веществ. Машина эта называется дезинтегратором. Тучи пыли и страшный грохот дезинтегратора при его работе заставляют обслуживающих машину рабочих выходить из кабины и плотно закрывать за собой дверь. Хотя в двери кабины прорезано отверстие и в него вставлено стекло, трудно разглядеть, что делается в кабине. Смотровое окошко покрывается слоем пыли, и через него почти ничего не видно. Машину же обязательно надо остановить, если уровень загруженного вещества упал ниже нормы, — иначе дезинтегратор будет работать вхолостую, а это недопустимо.

Установленное в дезинтеграторе фотореле дает звуковую сигнализацию при падении уровня вещества ниже нормы.

Фотореле дезинтегратора работает в очень тяжелых условиях (пыль, тряска и удары). Несмотря на это, оно редко нуждается в ремонте и действует четко и безотказно.

Другое фотореле для контроля уровня, устанавливаемое на мельничном комбинате, позволит избежать опасности пожаров.

В шахту зерносушилки непрерывно поступает зерно, продуваемое горячим воздухом от вентилятора. Если механизмы, подающие зерно, неисправны, то при опорожнении шахты ниже определенного уровня луч света осветителя перестанет перекрываться зерном и фотореле срабатывает.

Звуковая сигнализация привлекает внимание работницы, обслуживающей шахту. Работница должна немедленно выключить вентилятор, иначе может возникнуть пожар. Если она этого не сделает, то через 10 минут фотореле само автоматически выключит вентилятор, без участия человека.

12. «ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЛАБОРАНТ»

Химикам часто приходится определять количество кислот и щелочей в различных водных растворах. Для этого в исследуемый раствор приливают по каплям так называемый индикатор, например, лакмусовую настойку. При вливании в исследуемую жидкость лакмусовой настойки раствор меняет свой цвет. Если жидкость окрашивается в красный цвет, это значит, что она содержит кислоту. Окрашивание исследуемой жидкости в синий цвет указывает на наличие в ней щелочи.

Допустим, что жидкость окрасилась в синий цвет. Тогда химик начинает по каплям приливать к ней кислоту, которая, соединяясь со щелочью, нейтрализует ее. Получаются соль и вода. Когда вся щелочь будет нейтрализована, жидкость в стаканчике изменит свой цвет. Зная количество прилитой кислоты, можно определить, сколько щелочи было в исследуемом растворе. Такой способ определения кислотности или щелочности жидкости называется титрованием. Титрование довольно кропотливое дело и отнимает у химика очень много времени. Проще передать эту работу автомату.

В химический стакан наливают щелочь, окрашенную лакмусовой настойкой в синий цвет. По одну сторону стаканчика устанавливают фотореле, а по другую — осветитель. По резиновой трубке каплями приливается кислота. Пустив аппарат в ход, химик может заняться другим делом. Фотоэлектронный автомат прекрасно справится с работой и доведет анализ до конца. Как только жидкость обесцветится, автомат прекратит приток кислоты и включит звуковую и световую сигнализацию.

Один человек получает возможность одновременно следить за работой многих фотоэлектронных анализаторов и значительно повышает производительность своего труда и точность анализов.

13. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Часто в помещении бывает необходимо поддерживать постоянную температуру. Это можно сделать посредством вентиля парового отопления. Рабочий наблюдает за показанием термометра и как только увидит, что температура изменилась, поворачивает вентиль: увеличил впуск пара — температура поднялась до нормы; уменьшил — снизилась. То же самое требуется при сушке некоторых веществ, например, в химическом производстве, где очень важно поддерживать постоянную температуру.

Избавить рабочего от однообразной работы по регулированию температуры можно только путем автоматизации. Такая автоматизация осуществляется различными способами. Можно, например, впаять в ртутный термометр контакты. Как только температура в помещении повышается, ртуть поднимается, замыкает контакты, реле срабатывает и включает мотор, который повертывает вентиль, уменьшая впуск пара.

Предположим, что нам нужно соблюдать не один тепловой режим, а несколько. Одно вещество, скажем, сушится при одной температуре, другое — при другой. Придется, очевидно, в каждом случае менять контактный термометр. А если тепловых режимов не два, не три, а целый десяток? Нужно в запасе держать много термометров и каждый раз при изменении режима менять их.

Бывают также случаи, когда нужно регулировать низкие температуры, при которых ртуть попросту замерзнет. Спиртовый термометр тут уже не поможет. Ведь спирт не проводник электричества и контактов замкнуть не в состоянии.

Как же тогда быть? Очень просто. Возьмем любой термометр, будь он ртутный или с окрашенной жидкостью. Слева поставим источник света с линзой, а справа — фотореле. Как только при повышении температуры жидкость в термометре поднимается на определенную высоту, луч света пересекается. Фотореле сработает и включит мотор вентиля. Чтобы изменить температурный режим, достаточно передвинуть термометр вверх или вниз и закрепить его в новом положении. Теперь он будет регулировать уже другую температуру.

Для регулирования температуры существуют и более сложные приборы. Целые отрасли промышленности пользуются этими сложными приборами. Мы рассказали только о самом простом регуляторе с ртутным термометром.

Для разных опытов, при которых необходимо поддерживать постоянную температуру в каком-нибудь ящике, ртутный терморегулятор с фотореле подойдет как нельзя лучше.

Специальные приборы, внутри которых поддерживается постоянная температура, называются термостатами.

Термостат с автоматическим регулятором температуры состоит из деревянного ящика, обитого изнутри теплоизолирующим материалом, например, войлоком. Войлок во избежание загорания покрывается сверху листовым асбестом. Асбест не только предохраняет от воспламенения, но и сам является прекрасным теплоизолирующим материалом.

В ящике делают железную перегородку с отверстиями, на которую можно будет ставить различные предметы, требующие поддержания постоянной температуры в течение известного времени.

Внизу ящика устанавливают обычную электрическую лампочку или плитку. Горячий воздух от нагретой плитки или лампочки будет подниматься вверх и проходить через отверстия перегородки в верхнее отделение термостата. На крышке укрепляется термометр, конец которого пропускается вниз. С одной стороны термометра устанавливается осветитель с линзой, а с другой — фотореле.

Линза регулируется так, чтобы ее фокус, то-есть точка, где собираются световые лучи осветителя, приходился как раз на столбике ртути.

Фотореле будет замыкать или размыкать цепь питания электроплитки или лампочки в зависимости от температуры внутри ящика. Если вы хотите поддержать постоянную температуру на уровне 60 градусов, скажем, в кастрюле с супом или с другой пищей, установленной в термостате, то установите термометр так, чтобы фокус линзы приходился против деления 60° на шкале термометра. Когда температура внутри ящика упадет ниже 60 градусов, столбик ртути переместится вниз и луч света попадет на фотоэлемент. Фотореле сработает и включит

плитку. Температура внутри термостата через некоторое время повысится, и столбик ртути переместится вверх. Когда он снова перекроет луч света, фотореле выключит плитку. Колебания столбика ртути будут происходить по мере остывания термостата с некоторой частотой, зависящей от термоизоляции ящика.

Такие термостаты можно применять в биохимических лабораториях, где необходимо соблюдать строгий тепловой режим при сушке различных препаратов, в агрохимических лабораториях и на контрольно-семенных станциях для проращивания зерна.

По этому же принципу делают и инкубаторы для выведения цыплят. Для домашних инкубаторов можно в качестве нагревательного прибора применять лампочку в 10—15 ватт, которая при хорошей изоляции ящика даст достаточно тепла, чтобы поддерживать температуру в 30—35 градусов.

14. ВОДЯНЫЕ ПАРЫ

На химических заводах и фабриках часто очень важно знать, сколько водяных паров содержится в воздухе. Для измерения влажности воздуха существуют специальные приборы — гигрометры.

Внутри гигрометра натянут длинный волосок, который при изменении влажности воздуха изменяет свою длину. Волосок связан с подвижной стрелкой. В зависимости от длины волоска (то-есть от влажности воздуха) эта стрелка перемещается по шкале. На ней нанесены деления, по которым можно отсчитать влажность воздуха. Прибор этот очень чувствителен: достаточно подышать на волосок гигрометра, чтобы стрелка его переместилась по шкале на угол в 10—15°.

Как же заставить гигрометр автоматически сигнализировать об изменении влажности? Ведь не стоять же всё время около прибора, наблюдая за перемещением стрелки. Пусть сам прибор даёт сигнал, если влажность воздуха увеличится или уменьшится по сравнению с нужной нам влажностью. Если прикрепить к стрелке гигрометра миниатюрное зеркальце размером в несколько квадратных миллиметров и направить на него луч света от осветителя так, чтобы, отражаясь от зеркальца, он по-

падал в фотореле, то получится автоматический сигнализатор влажности.

При повороте стрелки гигрометра на некоторый угол, отражённый от зеркальца, свет перестанет попадать на фотоэлемент. Фотореле при этом срабатывает и включает сигнализационную лампочку или электрический звонок, привлекающие внимание обслуживающего персонала. Если влажность воздуха, например, повысится, вспыхнет красная сигнальная лампочка, если понизится — зазвонит звонок. Фотореле может включить не только сигнальную цепь, но и небольшой электродвигатель, который поворачивает вентиль, регулирующий влажность воздуха в помещении. Получится уже не сигнализатор, а автоматический регулятор влажности.

Автоматическое регулирование влажности особенно важно в цехах и мастерских, где сушат различные химические вещества и готовую продукцию.

Рабочим на химических производствах иногда приходится работать в опасном соседстве с различными ядовитыми веществами. Здесь им также приходит на помощь фотоэлектроника. Рабочий может находиться в светлой просторной кабине и управлять на расстоянии автоматическими машинами. На пультах управления по световым сигнальным указателям он будет видеть, как работают машины-автоматы, и, когда это потребуется, вмешается в их работу, нажимая нужные кнопки или поворачивая рычажки. Да и это редко придётся делать: машины-автоматы будут сами регулировать свою работу.

Труд рабочего, управляющего такими машинами, становится особенно интересным. Это — почётный труд человека сталинской эпохи, который создаёт высокую технику и управляет ею.

15. ЦЕНА КРАСНОГО СИГНАЛА

У ленты конвейера установлен автоматический прибор, через который идёт беспрерывный поток отформованной резины для автомобильных шин.

Тоненькая чувствительная стрелочка прибора дрожит на делениях, показывая отклонения толщины резиновой ленты от её нормального значения. Если стрелка отклоняется вправо — синий огонёк гаснет, и появляется тревож-

ный красный сигнал. Сигналы эти показывают, с какими допусками идёт изделие. Синий свет означает отрицательный допуск, указывая, что сырьё расходуется меньше нормы. Красный сигнал, наоборот, говорит о максимальном допуске, когда расход сырья превышает норму.

Кажется, пустяк — десятые доли миллиметра, а в общей сложности получаются тонны резины, которые можно было бы сэкономить при производстве автомобильных шин. Красный сигнал стоит многих тысяч рублей.

Толщина ленты, вырабатываемой машиной, зависит от расстояния между валками. При сдвигании валков зазор между ними уменьшается, и вырабатываемая резиновая лента делается тоньше. При раздвигании валков — наоборот. Если машинист видит, что толщина отличается от нормальной, то он вручную сдвигает или раздвигает валки машины до тех пор, пока она не будет вырабатывать ленту нужного размера. На эту операцию уходит много времени, за которое машина успеет наделать изрядное количество брака.

Фотореле и тут может помочь.

Фотоэлектрический прибор может не только контролировать толщину ленты, но и пускать в ход электродвигатель, автоматически изменяющий расстояние между валками машины для того, чтобы получилась лента нужной толщины.

Подобных примеров автоматического регулирования можно привести множество.

16. БЕЛОСНЕЖНАЯ ЛЕНТА

Современные советские бумагоделательные машины — это сложнейшие автоматические сооружения. Они приводятся в действие мощными электродвигателями, число которых в одной машине достигает десяти и более.

Благодаря автоматическим регуляторам все электродвигатели работают с точнейшей согласованностью. Иначе бумажная лента разрывалась бы на куски.

Впрочем, от этого её иногда не спасают и автоматические регуляторы. Если бумажная лента порвётся, а обычно она рвётся с краю, то машина может наделать много брака. Необходимо своевременно заметить разрыв ленты и без промедления остановить машину.

Но попробуйте уследить за целостью бумажной ленты в такой огромной машине! Нужно очень внимательно и зорко наблюдать за белоснежной лентой бумаги шириной в 10 метров, сбегающей с валов почти со скоростью пассажирского поезда, чтобы во-время заметить её разрыв. Нужно обладать очень проворными руками, чтобы, обнаружив брак, немедленно остановить машину. Такие внимательные и зоркие глаза, соединённые с проворными руками, существуют. Это — советские фотореле.

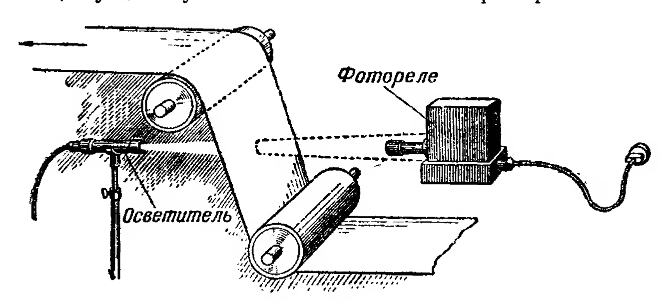


Рис. 20. Проверка целости бумажной ленты при помощи фотоэлемента.

Свет от электрической лампочки направлен в фотореле. Между лампочкой и фотоэлементом бежит бумажная полоса (рис. 20). Она прерывает луч света. Но, как только край бумаги разорвётся, свет упадёт на фотоэлемент, фотореле быстро остановит машину и заставит тревожно затрещать звонок.

Фотореле придирчиво следит также за цветом и за плотностью бумаги. На изменения в окраске фотореле реагирует потому, что от количества света, попадающего в фотоэлемент, зависит сила фототока. Луч света, направленный на бумажную полосу, отражаясь, попадает в фотоэлемент. Чем белее бумага, тем больше света от неё отразится. И наоборот, чем бумага темнее, тем меньше от неё отразится света и тем слабее будет ток фотоэлемента.

17. ДВА МИЛЛИОНА ОТТЕНКОВ

Человеческий глаз способен различать всего лишь десять тысяч оттенков цвета. Правда, это не так уж мало. Если вы попробуете перечислить все известные вам оттенки цвета, то вряд ли наберёте их больше сотни. Розо-

вый, тёмнорозовый, красный, оранжевый, светлооранжевый, тёмножёлтый, тёмносиний, лиловый и т. д. На самом же деле, если учесть все возможные оттенки, различаемые нашим глазом, то можно выбрать не только сотню, но и все десять тысяч оттенков. Это чрезвычайно много.

Но, оказывается, «электрический глаз»—фотоэлемент—способен различать ещё большее количество оттенков.

Вот перед нами два образца красного шёлка, отрезанных от разных кип материалов. Вы можете их рассматривать при дневном свете, вечером, ночью и не заметите никакой разницы. Оба кусочка материи на-глаз покажутся вам абсолютно одинаковыми. Но «электрический глаз» заметит между ними разницу и просигнализирует об этом.

До двух миллионов оттенков цвета способны различать некоторые типы фотоэлементов. Они незаменимы в тех отраслях промышленности, где изготовляются краски, цветные чернила, тушь и многое другое.

Электрический глаз может сортировать пищевые продукты, качество которых часто связано с их цветом. Так, например, фотоэлемент автоматически разбраковывает яйца по цвету, отбирая отдельно жёлтые и белые, сортирует апельсины и лимоны, отличая спелые, жёлтые плоды от незрелых, зелёных.

Фотоэлектронное исследование жидкостей имеет большое значение и в медицине и в фармацевтической промышленности.

Разработан прибор, автоматически определяющий процент содержания гемоглобина в крови больных путём анализа пучка световых лучей, пропущенных через исследуемую кровь. Этот способ даже более точен, чем все существующие до сего времени методы определения гемоглобина в крови, и позволяет производить анализ весьма быстро, увеличивая производительность труда сотрудников аналитических лабораторий.

18. ПРОЗРАЧНАЯ АМПУЛА

Перед нами — отдел контроля готовой продукции фармацевтического завода. В рассеянном «молочном» свете электрических ламп девушки в белых халатах просматривают ампулы с различными лекарственными растворами.

Вот в ампуле прозрачная, абсолютно чистая жидкость. В ней нет осадка или мути. Ампула проверена. Она идёт в больницы, госпитали, на медпункты. А вот другая ампула. Она чуть-чуть мутновата. Намётанный, зоркий глаз контролёра замечает мельчайшие частицы посторонней примеси. Этого достаточно для того, чтобы ампула с лекарством была забракована.

Много ампул проходит за смену через быстрые, проворные руки работницы. К концу смены немеют пальцы, глаза устают от напряжённой работы. Утомлённый контролёр нет-нет, да и пропустит брак вместо годной продукции. А ведь каждая бракованная ампула — вопрос жизни и смерти больного. Вспрыскивать недоброкачественное лекарство под кожу или вводить его в кровь больному очень опасно.

Московский студент-комсомолец Львов сконструировал автомат для контроля ампул посредством фотоэлектронного прибора. Лучи света от электрической лампочки собираются линзами в тонкий пучок, который, пронизывая заполненную лекарством ампулу, попадает на фотоэлемент.

В зависимости от прозрачности раствора лучи света проходят через него в большем или меньшем количестве.

Мутная жидкость поглотит, рассеет часть световой энергии. Прозрачная, чистая ампула пропустит свет почти без ослабления. Фотоэлемент чутко реагирует на все изменения светового луча и при малейших отклонениях от нормы включает механизм, сбрасывающий бракованные ампулы с конвейера.

В три раза ускоряется выпуск ампул, десятки контролёров освобождаются от напряжённой работы, совершенно исключаются роковые ошибки. Фотоэлектронный прибор неутомимо, быстро и точно контролирует проходящие по конвейеру ампулы с лекарственными растворами.

19. МЯГКАЯ ВОДА

«Электрический глаз» контролирует также качество питьевой воды в городской водопроводной сети, обнаруживая в ней те или иные примеси.

Не менее важное значение имеет контроль воды, используемой для технических надобностей. Для того

чтобы не образовывалась накипь, вода, поступающая в паровые котлы электростанций, должна быть мягкой, то-есть содержать как можно меньше растворённых солей.

Контроль за жёсткостью воды с большой точностью осуществляют фотоэлементы. В воду подливают ничтожное количество растворов таких веществ, которые её окрашивают или вызывают помутнение.

Контрольную стеклянную трубку, по которой идёт вода, предназначенная для питания котлов, помещают перед фотоэлементом на пути луча света. В зависимости от густоты окраски воды или от её помутнения на фотоэле-

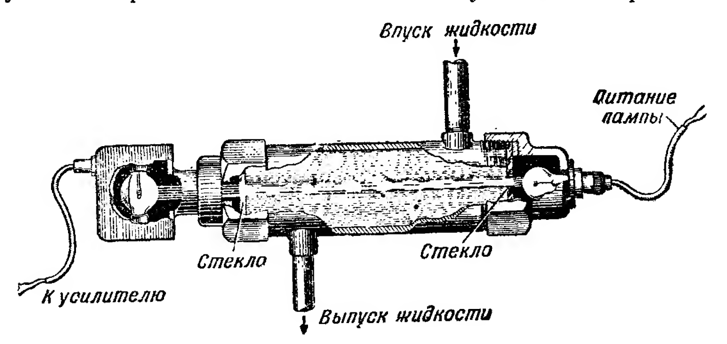


Рис. 21. Фотоэлемент следит за жёсткостью воды.

мент попадает большее или меньшее количество света (рис. 21).

Фотореле включает предупредительную сигнализацию в том случае, если жёсткость воды, поступающей в котёл, превышает допустимую.

IV. ФОТОЭЛЕКТРОНИКА НА ТРАНСПОРТЕ И В СВЯЗИ

1. ЗРЯЧИЕ ПАРОВОЗЫ

Вот ночной порой несётся поезд со сверкающим на лбу красавца-паровоза прожектором. Дым крутится в отблесках искр и уходит во мрак, в сырую тишину полей и лесов. Поезд с освещёнными электрическими окнами быстро мчится к месту назначения.

Поезда идут часто: грузовые, пассажирские, курьерские. Гудит земля под стальными ободьями колёс. Бегут облака, деревья, путевые сторожки, мосты, реки...

С каждым годом советские поезда ходят всё быстрее и быстрее. Движение на железных дорогах становится всё более оживлённым.

Чем выше скорость и частота движения поездов, тем больше возможность крушения. Старые способы сигнализации уже не могут обеспечить безопасности следования железнодорожных составов. Единственно надёжный и верный способ избежать крушения поездов — это автоматизация железнодорожного транспорта.

Ночной поезд идёт, охраняемый верными помощниками человека — автоматическими приборами и аппаратами. Машину бережёт машина.

Чтобы не произошло столкновения поездов, на каждом блоке, то-есть на небольшом участке железной дороги, не должно в одно и то же время находиться более одного поезда.

Эти небольшие участки, на которые разбит путь на всём его протяжении, охраняют светофоры. Красный огонь светофора говорит об опасности и запрещает движение. Зелёный — открывает путь. Огнями светофоров командуют электромагнитные реле.

Когда поезд въезжает на блок-участок, то своими колёсами и осями он замыкает рельсы и действует как электрический выключатель. Он выключает электромагнитное реле, которое замыкает цепь питания красного сигнала. Сходя с блок-участка, поезд размыкает цепь электромагнита, и вспыхивает зелёный огонь.

Такая система автоматической сигнализации называется автоблокировкой. Автоблокировка введена ещё не на всех наших дорогах. Многие дороги снабжены обычными семафорами. Семафор — это высокая мачта, наверху которой укреплено поворотное крыло. Это крыло приводится в движение со станции. Если семафор «открыт», поезд может свободно продолжать свой путь. При «закрытом» семафоре поезд должен остановиться.

Уже давно возникла потребность создать такую сигнализацию, чтобы поезд всегда останавливался перед закрытым семафором, независимо от того, видит его машинист или нет.

На паровозе устанавливают небольшой прожектор, бросающий вверх узкий пучок световых лучей. Рядом с ним помещают фотоэлемент (рис. 22).

Семафор снабжают маленьким зеркальцем. При закрытом семафоре это зеркальце располагается горизонтально.

При прохождении паровоза мимо закрытого семафора свет от зеркальца отражается вниз и попадает на фотоэлемент.

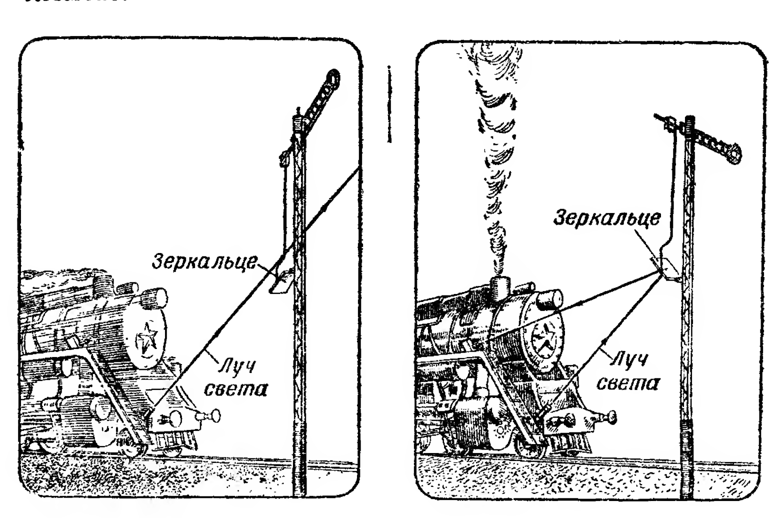


Рис. 22. Если семафор закрыт, — фотоэлемент автоматически останавливает поезд.

Этого достаточно для того, чтобы слабый фототок, усиленный в десятки тысяч раз, открыл тормозной кран и затормозил поезд. Такая установка прекрасно действует и в тумане, так как инфракрасные лучи довольно хорошо проходят через туман.

Фотореле должно получить широкое применение на советском железнодорожном транспорте: для сигнализации на перекрёстках и переездах, для счёта и сортировки вагонов, автоматического измерения и контроля скорости, автоматической сигнализации об обрыве в пути железнодорожных составов и во многих других случаях.

Советскими учёными разработаны фотоэлектронные устройства для автоматического управления поездами по заранее заданному графику. На киноленте наносятся значения скорости, давления и расхода пара, которые передаются на фотоэлементы, управляющие рукоятками на паровозе. Машинист должен только контролировать правильность работы этих автоматов.

2. МИГАЮЩИЕ ОГОНЬКИ

Чтобы корабли не садились на мель, на судоходных реках устанавливают бакены, отмечающие тот путь, по которому должен следовать пароход. Окрашенные в красный и белый цвета бакены днём хорошо видны лоцману. Ночью на бакенах зажигают керосиновые фонари.

Каждый вечер лодочник подъезжает к бакенам, доливает в резервуар лампы масло или керосин, поправляет фитили и, протерев стекло, зажигает фонарь.

Один за другим на реке вспыхивают огоньки, сигнализирующие об опасных местах.

Вместо керосиновых фонарей у нас теперь нередко ставят электрические лампочки, а в поплавках бакенов помещают сухие элементы или аккумуляторы.

Управление бакенами упрощается, но хлопотливая возня с зажиганием вечером и выключением по утрам остаётся. Не гасить свет бакенов нельзя — будет велик расход электрической энергии и часто придётся менять батареи.

Ещё до войны на канале имени Москвы появились автоматические электробакены, которые светили, когда наступала темнота, и гасили свои огоньки на рассвете.

Это были бакены, оборудованные замечательным помощником человека — «электрическими глазами».

Фотоэлемент и небольшое чувствительное реле управляли включением сигнальных огней. Два других реле заставляли лампочку всё время мигать, так как мигающий свет легче заметить издали.

Сейчас фотоэлектронные автоматы испытываются Волжским пароходством. Скоро сияющая гирлянда из электрических огоньков протянется по всей длине судоходной части великой русской реки Волги.

3. НА ВОЗДУШНОЙ ТРАССЕ

На воздушных путях сообщения часто устанавливаются автоматические маяки. Каждый вечер автоматический сторож исправно зажигает лампу маяка и гасит её на рассвете.

Для этого замечательного чуткого механизма, который сам «знает», когда нужно включать или выключать свет, около мачты маяка выстроен специальный домик.

Окон в этом домике нет, двери заперты на замок. Днём за дверью домика — глубокая тишина. Но зато ночью, с наступлением сумерек или при неожиданном потемнении вследствие бури или тумана домик оживает. Подойдя к нему, можно услышать мерный рокот мотора и жужжание динамомашины, питающей электроэнергией мощную прожекторную лампу маяка.

Прожектор вращается, и пучок яркого света описывает по небу широкие круги.

Но вот наступил рассвет. Пора останавливать моторы, гасить свет. Под действием утренних лучей фотореле возбуждается и выключает моторы. В домике до вечера опять наступает тишина.

Так работает автоматический маяк, оборудованный фотоэлектронным устройством.

Раньше автоматические маяки включались и выключались астрономическими часами. Это были сложные, капризные механизмы. Они не учитывали внезапных потемнений, возможностей появления туманов, которые для лётчиков не менее опасны, чем ночная темнота.

Маяки, оборудованные фотореле, приносят большую пользу гражданской авиации. Для них не нужно строить больших помещений, не нужно эти помещения отапливать и освещать. Автоматические маяки освобождают людей от утомительной, однообразной работы.

Люди посещают маяк раз в неделю, снабжая его моторную установку бензином и смазочным маслом.

Фотоэлектроника с успехом применяется и на морских маяках. Фотореле включает свет морских маяков с наступлением темноты и выключает его, когда становится светло.

4. НЕВИДИМЫЙ ШНУРОК

В древности, когда ни телеграфа, ни телефона не было, люди общались между собой более простыми способами.

Одним из таких простых способов была передача световых сигналов либо от костра, либо от зеркала. Простейший тип оптического телеграфа состоит из одного небольшого прожектора с лампочкой накаливания.

Электрическая лампочка с ярко светящейся нитью помещается перед рефлектором, устроенным наподобие автомобильных фар.

Посылка световых сигналов осуществляется нажатием обычного телеграфного ключа. Одно короткое нажатие ключа даёт точку, длинное — тире. Из комбинации точек и тире составляются слова и целые фразы. Получается то же самое, что и в телеграфном аппарате при передаче сигналов на-слух. Только приёмным аппаратом служат не уши человека, воспринимающего сигналы, а его глаза.

Этот телеграф имеет большие преимущества перед обычным проволочным. Связь осуществляется без проводов и без какой-либо сложной аппаратуры. Передатчик лёгкий, компактный, простой и дешёвый.

Несмотря на свои преимущества (компактность, лёгкость, отсутствие проводов), оптический телеграф уступал место проволочному и радиотелеграфу, которые успешно с ним конкурировали. Но вот появились фотоэлементы, и сразу всё повернулось по-другому. Оптический телеграф превратился в мощное средство связи. Фотоэлементы улавливают невидимые глазом инфракрасные лучи, которые прекрасно проходят через туман. Поэтому оказалось возможным телеграфировать также и в туман и в непогоду.

В гористой местности, где прокладка проводов для обычного телеграфа связана с большими трудностями, оптический телеграф с фотоэлементами в качестве приёмника может оказать большие услуги туристам, геологам и т. д.

Луч передатчика особым механизмом прерывают несколько тысяч раз в секунду и посылают в нужном направлении.

Представьте себе такой шнурок, состоящий из невидимых лучей и направленный на фотоэлемент приёмника. И этот световой шнур тысячи раз в одну секунду появляется, исчезает и снова возникает.

Фотоэлемент приёмного устройства успевает улавливать изменения пучка невидимого света, тут же усиливать их радиолампами и передавать в телефонную трубку.

В телефоне на приёмном конце мы всё время будем слышать определённый тон звуковой частоты. И чем чаще прерывается луч, тем выше тон, тем тоньше звук. При изменении частоты прерываний луча на передатчике

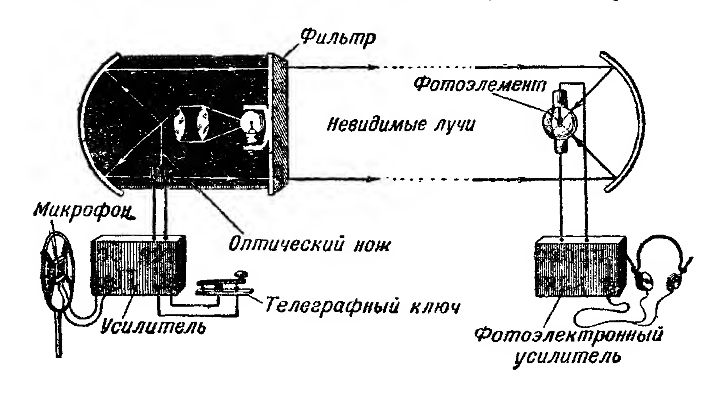


Рис. 23. Схема работы телефона на невидимых инфракрасных лучах

тон звука на приёмном устройстве изменяется от рычания льва (при небольшой частоте) до писка комара (при высоких частотах).

Эти звуки посылаются лишь определёнными порциями — точками и тире. При коротком нажатии ключа на передающей станции слышна точка, короткий отрывистый звук определённого тона, при длинном — продолжительный.

Приёмное устройство, усиливающее токи фотоэлемента и превращающие их в звуки, устроено так, что посторонний свет (например, дневной) на него совершенно не влияет. Поэтому фотоэлектрический телеграф прекрасно работает как ночью, так и днём.

Дальнейшее усовершенствование фотоэлектрического телеграфа привело к созданию телефона, работающего на невидимых инфракрасных лучах (рис. 23).

Говоря в микрофон, мы заставляем колебаться мембрану, которая, как и в обычном проводном телефоне, меняет сопротивление угольного порошка.

Микрофонный усилитель питает электромагнит передающего устройства, который воздействует на так называемый «оптический нож». Это — железная заслонка, которая колеблется в магнитном поле электромагнита.

Колебания оптического ножа происходят в такт со звуками нашего голоса. Движение заслонки вверх или вниз меняет силу света прожектора.

Отражатель прожектора перекрыт фильтром, не пропускающим видимых лучей. Одни лишь невидимые глазом инфракрасные лучи проходят через эту преграду. На приёмном конце рефлектор собирает лучи, идущие от передатчика, и направляет их на фотоэлемент.

Фототок, меняющийся в такт с прерываниями луча света, усиливается радиолампами. В усилитель включён телефон или репродуктор. Мембрана телефона (репродуктора) колеблется в такт с голосом, возбуждающим мембрану микрофона на передающем конце линии связи.

Таким образом передаётся телефонный разговор не по проводам и не по радиолинии, а с помощью вибрирующего пучка невидимых лучей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

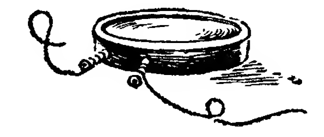
Трудно назвать такую отрасль советской промышленности, где можно обойтись без сигнализаторов и регуляторов уровней, давлений, температуры, влажности, прозрачности, степени окраски, концентрации, кислотности, щёлочности, а также без аппаратов для управления на расстоянии потоками жидкостей и газов.

Помимо всего здесь описанного, фотоэлектроника находит широкое применение в технике связи (передача неподвижных изображений на расстояние), в телевидении, в звуковом кино, в звукозаписи и даже в народнохозяйственном учёте.

Созданные людьми машины давно уже имеют ловкие, проворные руки. Но тысячи и тысячи машин были слепы и требовали наблюдения. Им нехватало хороших, зорких автоматических глаз. Эти глаза были найдены русскими учёными. Эти глаза созданы техникой сталинских пятилеток.

Эти глаза — замечательные советские фотореле.

Возможности применения фотоэлектронных автоматов в хозяйстве нашей Родины поистине безграничны. Задача фотореле — помочь советской технике заменить физический труд человека работой мощных и производительных машин-автоматов.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 1 р.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКА

SHEBA.SPB.RU/ZA

Хочу всё знать (теория)

Юный техник (практика)

Домоводство (условия)